

ネットワークコンピューティングの実現のための
サービス/サービス間連携/インフラに関する研究

津田 邦和

電気通信大学 大学院 情報システム学研究科

情報システム設計学専攻

博士（工学）の学位申請論文

2014 年 12 月

電気通信大学 大学院 情報システム学研究科

情報システム設計学専攻

博士（工学）の学位申請論文

審査委員会

主査 田野 俊一 教授

委員 多田 好克 教授

委員 大須賀 昭彦 教授

委員 加藤 聰彦 教授

委員 田中 健次 教授

著作権所有者

津田 邦和

2014 年

Study of services, inter-service coordination, and infrastructure for achieving network computing

Kunikazu Tsuda

Abstract

Network computing (NC) was proposed in the 1990s as a new format for using computers over the network. It was said that NC would provide a variety of benefits including new methods for using information systems and more efficient processing. NC consists of three main elements: (1) services, (2) inter-service coordination, and (3) infrastructure. Each of these represents a critical phase in the development of NC in which specific problems had to be solved, namely, (1) service development to expand the use of NC circa 1990, (2) formulation of measures to promote inter-service coordination circa 2000, and (3) reduction of power consumed at data centers in the NC infrastructure circa 2005.

This study analyzes the problems associated with each of these constituent elements, describes and evaluates the solutions that were adopted in each of those periods, and discusses their significance.

(1) Problems and solutions in services.

As of 1990, computers and networks had still not reached a mature stage and NC services had yet to develop on a broad scale. At that time, overseas business trips were increasing rapidly in the corporate world because of various social factors, and it was necessary to make the use of such trips more efficient and to reduce the risks associated with them. As a result, remote conferencing systems, despite the high cost of implementation (about 10,000,000 yen), became a sufficiently cost-effective field when taking into account the cost of overseas business trips, and their use began to expand. However, the media provided for remote conferencing in 1990 emphasized video and audio, and media for material presentation and handwriting essential to conferencing was insufficient. This situation prompted the development of remote conferencing systems supporting video, audio, material presentation, and handwriting. This, however, meant that equipment and operations could become complicated, but by devising means of integrating

hardware, integrating software, and developing protocol for multiplexing world standards, the world's first remote conferencing systems incorporating material-presentation and handwriting media came to be commercialized with sales reaching about 1000 units. However, there was still no large-screen handwriting device suitable for remote conferencing with multiple participants, and this prompted patent applications in Japan, United States, and Europe for large-screen touch-panel technology satisfying cost, transparency, and other requirements as well as the development of electronic whiteboards incorporating that technology. These developments enabled handwriting in remote conferencing with multiple participants. Sales of devices using this touch-panel technology continue today in 2014 more than 15 years after their conception. They have come to be used in schools and other institutions and even in broadcasting for weather reports, etc. thereby touching all of us in our daily lives and forming a new field. These developments contributed to the provision of suitable media for remote conferencing systems that began around 1990 and to the launching of NC Services.

(2) Problems and solutions in inter-service coordination

The coordination or linking of diverse NC services makes for richer services and more efficient service development. Around 2000, the diversification of NC services began, inter-service coordination began to take shape, and specific techniques such as the releasing of application programming interfaces (API) and the use of Java scripts began to be implemented. As a result, the number of partners targeted for linking increased and inter-service coordination came to revolutionize methods of service development.

In short, techniques for promoting inter-service coordination began to flourish as described above, but in Japan, the use of service level agreements (SLA) as meta information related to the availability and support of linked services had not yet begun. This inability to observe a linked partner's situation caused unease and hindered inter-service coordination. Studies were therefore performed on standardizing SLAs and spreading their use among users and service vendors.

Keeping in mind the need for an SLA-promotion method tailored to actual conditions in Japan, the first industry body related to NC was established in Japan in 1999 as a forum for sharing and discussing important topics. The plan was to start with the public sector and to expand what was learned there to the private sector. Consequently, the first field to be selected as a target for SLAs was the electronic government field in which the standard-setting authority and users

belong to the same organization. The formulation of SLA guidelines for this field marked the first time that common SLA guidelines were issued in Japan. These guidelines were presented to local governments throughout the country in 2003/2004 to promote their widespread use.

Next, with the aim of achieving horizontal development of SLAs in the private sector, presentations were made to the relevant authorities and bodies to promote the issuing of SLA guidelines for the private sector. As of 2014, these guidelines have been revised a number of times and referenced by a variety of service vendors and users.

In this way, an SLA may or may not be provided for each service as part of inter-service coordination in NC, but if presented, details on that service level can now be referenced thereby contributing to the further development of NC.

(3) Problems and solutions in infrastructure

Circa 2005, when a variety of services for NC began to be provided, servers, power supplies, and other facilities began to be integrated at data centers as NC infrastructure. This brought about great leaps in efficiency causing the development of NC and facility integration to accelerate, but this had the effect of dramatically increasing power consumption at data centers. Consequently, it was proposed that data centers be located in cold regions and that hybrid cooling using outdoor air and snow or ice be adopted as a method for decreasing power consumption. Test facilities were constructed and experiments performed to assess the effects of this approach. This process helped to introduce systems that had never before been used in data centers such as a system for mixing outdoor cool air and indoor warm air to reduce the range of humidification in cooling and a drip-type natural humidification system. It was verified that systems such as these could reduce cooling-related power consumption by 60 – 80%. They have come to be used in actual data centers in Hokkaido and the Tohoku region.

As described above, effective solutions could be found for problems related to the three constituent elements of NC that arose in each NC development period. These solutions contributed to the expansion of NC in society.

ネットワークコンピューティングの実現のための サービス/サービス間連携/インフラに関する研究

津田 邦和

概要

1990 年代に提唱されたネットワークコンピューティング（以下 NC と略す）は、コンピュータと通信の融合によって、それまでの領域である計算や文書作成を効率よくかつ正確に実施可能にするものから、新しい領域を形成し、現在では人の生活や行動、社会の基盤にまで拡張した。

この NC は、コンピュータによる機能をネットワークを通じてサービスとして提供し、またそれらのサービスが相互に連携することによってより新しいメリットをもたらし、サービスを提供するためのインフラから構成されるモデルである。そのため、NC におけるサービス/サービス間連携/インフラの 3 つの構成要素は、重要な要素であると捉えることができる。それらの 3 つの構成要素には、NC の発展過程において、それぞれが本格化する時期に重要な問題があり、普及実現の障害となり得る状況があった。

第一の 1990 年前後の NC のサービスが本格化しようとする時期には、遠隔会議の普及が始まりつつあったが、会議メディアの提供において、当時の通信世界のイノベーションの一つである動画の通信への導入という面に偏重したことで、本来会議に必要な資料提示と手書きのメディアへの配慮がされていないという問題があった。また、複数人数の会議において、手書きメディアが適切に提供されていないという問題もあった。

第二の 2000 年前後の NC のサービス間連携が始まろうとする時期には、サービスご

との共通の SLA (Service Level Agreement) が提示されていなかったことから、サービス提供ベンダーにとって、連携する相手のサービスがどのような品質でサービスを提供しているのかが不明であるため、利用者へのサービス間連携の機能を提供することが難しい状況にあった。

第三の 2005 年前後において NC のインフラが集積化されて本格的に利用され始めた時期には、コンピュータ分野では消費電力に大きな関心が払われてこなかった状況があり、インフラにおいてサーバの集積が高まってきた DC (Data Center) の消費電力が社会的にも大きな存在になってきたという状況があった。

本論文では、これら 3 つの構成要素が本格化しようとする時期に発生した、それぞれの問題に効果的解決策を与え、その結果の評価と意義について明らかにする。

目次

第1章 背景と本論文の概略	1
1.1 本論文の背景	1
1.1.1 コンピュータの発展について	1
1.1.2 NCについて	2
1.2 本論文の目的と概略	7
1.2.1 NCの発展過程における重要な問題	7
1.2.2 本論文の目的	10
1.2.3 本論文の概略	11
第2章 関連する研究のサーベイと本研究の位置付け	13
2.1 関連する研究のサーベイ	13
2.1.1 NCのサービスにおける遠隔会議支援に関するサーベイ	13
2.1.2 NCのサービス間連携に関するサーベイ	18
2.1.3 NCのインフラとしてのDCに関するサーベイ	20
2.2 本論文の位置付け	24
第3章 NCのサービスにおける課題	
～遠隔会議における適切なメディア提供～	26
3.1 背景	26
3.1.1 NCの活用分野と遠隔会議の位置付け	26
3.1.2 取り巻く環境の変化	28
3.2 NCのサービスにおける課題と対応方法	31
3.2.1 NCのサービスにおける課題	31
3.2.2 資料提示と手書きメディアの提供	32
3.2.3 複数人数での資料提示と手書きメディアへの対応	37
3.3 遠隔会議システムの開発	40
3.3.1 背景とシステムの概略	40
3.3.2 システムの開発と機能/仕様	41
3.3.3 評価	44
3.4 複数人数の遠隔会議への対応	46
3.4.1 背景と取り巻く環境	46
3.4.2 新型タッチパネルの開発と特許出願	48
3.4.3 システムの機能/仕様	52
3.4.4 評価	59

3.5 まとめと今後の課題	61
---------------	----

第4章 NCのサービス間連携の課題

～サービス間連携における共通のSLAの実現に向けた活動～	63
4.1 背景と概略	63
4.1.1 サービス間連携の利便性	64
4.1.2 サービス間連携を推進するための課題	66
4.2 共通SLAを実現するための課題と対応方法	69
4.2.1 問題点	69
4.2.2 対応方法	70
4.3 共通SLAの具体化	73
4.3.1 Step1：業界団体の設立	73
4.3.2 Step2：共通SLA対象分野の選定	73
4.3.3 Step3：行政当局への説明	74
4.3.4 Step4：検討委員会の設置	74
4.3.5 Step5：ガイドの配布と教育	76
4.3.6 Step6：民間企業向けの共通SLA制定への水平展開	77
4.4 ガイドラインの作成	79
4.4.1 ガイドライン作成方針とその特徴	79
4.4.2 主要項目と詳細項目	80
4.4.3 具体的なアプリケーション別レベル値の設定プロセス	85
4.4.4 レベル値の設定結果	85
4.5 ガイドラインを活用するための補足	90
4.5.1 ガイドラインを活用する契約形態の提示	90
4.5.2 運用方法	93
4.5.3 ガイドラインの維持継続と改定	97
4.6 活用事例	98
4.6.1 自治体での活用	98
4.6.2 自治体でのサービス間連携	99
4.6.3 民間分野へのSLA展開とサービス間連携	100
4.7 まとめと今後の課題	103

第5章 NCのインフラの課題

～DCの消費電力の低減～	105
5.1 背景	105
5.2 DCの状況	106

5.3 従来のDC空調方法と自然エネルギー利用	109
5.3.1 従来のDC空調方法	109
5.3.2 DC空調への自然エネルギー利用	109
5.4 DC空調への外気と雪氷の活用方法	111
5.4.1 外気と雪氷によるハイブリッド冷房	111
5.4.2 湿度管理の課題と対応方法	115
5.5 実験による評価	118
5.5.1 実験の概要	118
5.5.2 実験結果	123
5.5.3 実験のまとめ	127
5.5.4 残された問題	128
5.6 本方式によるDCの具現化	131
5.6.1 具現化へのアプローチ	131
5.6.2 本研究結果を活用した事例	132
5.7 まとめと今後の方針	137
5.7.1 まとめ	137
5.7.2 今後の方針	138
第6章 本論文のまとめと今後の計画.....	139
6.1 本論文のまとめ.....	139
6.2 今後の計画.....	144
謝辞.....	145
関連研究の公表の方法及び時期.....	146
参考文献.....	147

図目次

図 1-1：従来型コンピュータモデル	3
図 1-2：着目した NC の構成要素	5
図 2-1：MERMAID の外観	14
図 2-2：超音波表面弾性波によるタッチパネル技術	18
図 2-3：サーバの水冷式冷房	21
図 2-4：間接外気冷房	22
図 2-5：DC におけるサーバ台数の増加	23
図 3-1：遠隔会議の基本操作フロー	34
図 3-2：RISCUSSION120VG	41
図 3-3：4つのメディアを提供する遠隔会議システム	43
図 3-4：H221 対応多重化 DSP	43
図 3-5：テレコミュニケーション掲載記事	45
図 3-6：光うす膜遮断検知技術	48
図 3-7：光学ユニット縦断正面図	49
図 3-8：光学ユニット底面図	49
図 3-9：再帰光ラインセンサーによる位置検出	50
図 3-10：MEDIASITE MB2-70X	54
図 3-11：MB2-70X の構成	55
図 3-12：ソフトウェア構成	57
図 3-13：電子黒板モード	57
図 3-14：手書き文字認識・漢字変換	58
図 3-15：Windows キャプチャーモード	58
図 3-16：日経産業新聞掲載記事	60
図 4-1：サービス間連携の例	65
図 4-2：サービス間連携におけるサービスレベル情報の共有ニーズ	67
図 4-3：単独開発・運用アウトソーシング方式	91
図 4-4：共同開発・共同運用アウトソーシング方式	91
図 4-5：共同サービス購入方式	92
図 4-6：全国共通サービス購入方式	92
図 4-7：共同利用アウトソーシングの自治体システム調達における SLA の運用	93
図 4-8：大阪市の自治体 IT 調達における SLA ガイドライン	98
図 4-9：自治体向けガイドラインの改定	100
図 4-10：2005 年発行民間向け SLA ガイドライン	101
図 4-11：2006 年発行民間向け SLA ガイドライン	101

図 4-12 : 2012 年発行民間向け SLA ガイドライン	101
図 4-13 : 民間向け SLA ガイドライン追補版 (2008 年発行)	102
図 5-1 : 国内のデータセンター消費電力の推移	107
図 5-2 : 国内のデータセンター消費電力の構成	107
図 5-3 : 国内の ICT 消費電力構成の推定	108
図 5-4 : 外気と雪氷によるハイブリッド空調	112
図 5-5 : 月別気温別の外気と雪氷による空調切り替え	113
図 5-6 : 湿度制御	117
図 5-7 : 実証実験設備	121
図 5-8 : 滴下型自然加湿装置	121
図 5-9 : 空気混合送風装置(機械冷房)	122
図 5-10 : 空気混合送風装置(外気と雪氷冷房)	122
図 5-11 : 温度制御結果(外気冷房)	124
図 5-12 : 湿度制御結果(外気冷房)	124
図 5-13 : 外気冷房と機械冷房の消費電力	125
図 5-14 : 温度制御結果(雪氷冷房)	126
図 5-15 : 湿度制御結果(雪氷冷房)	127
図 5-16 : 雪氷冷房の消費電力	127
図 5-17 : 北海道石狩地域のデータセンター誘致用パンフレット	133
図 5-18 : 北海道石狩地域のデータセンター誘致用パンフレット(論文の引用)	134
図 5-19 : 青森県新データセンター会社のパンフレット(論文の引用)	135
図 5-20 : 新潟日報記事(雪冷熱データセンター候補地)	136
図 5-21 : 新潟日報記事(雪冷熱データセンター調査)	136

表目次

表 2-1：米国暖房冷凍空調学会における DC の温湿度管理基準	21
表 3-1：遠隔会議とアプリケーションサービスの情報処理プロセス	27
表 3-2：遠隔会議ユニットの統合化パターン	33
表 3-3：遠隔会議の 4 つのメディア構成	35
表 3-4：タッチパネル技術の要求要件の対応	39
表 4-1：ASP インダストリーコンソーシアムジャパンの当時の活動	73
表 4-2：公共 IT のアウトソーシングに関するガイドライン検討委員会	76
表 4-3：SLA 主要項目とレベル値	86
表 4-4：アプリケーション別 SLA とレベルその 1	87
表 4-5：アプリケーション別 SLA とレベルその 2	88
表 4-6：アプリケーション別 SLA とレベルその 3	89
表 4-7：大阪市 SLA ガイドラインにおける政府ガイドラインの参照の記述	99
表 4-8：大阪市 SLA ガイドラインの改定履歴	99
表 4-9：民間企業向け NC サービスの SLA 表示とサービス間連携表示	102
表 5-1：札幌と東京の平均温度	112
表 5-2：雪の融解熱量	114
表 5-3：データセンターに必要な時間当たりの空調エネルギー	114
表 5-4：データセンターの雪氷冷房利用時間と必要な雪氷量	115
表 6-1：本論文の課題と対応結果	143

第 1 章 背景と本論文の概略

本論文は、動力の産業革命と同レベル、もしくはそれ以上のイノベーションと捉えることができる情報革命において、1990 年前後から提唱されたネットワークコンピューティング（以下 NC と略す）について、その発展過程の重要な時期に発生した問題について着目して分析し、効果的な解決策を検討・実施した結果を述べ、その意義を述べるものである。

本章では、1.1 節にて本論文の背景を、1.2 節にて本論文の目的と概略について述べる。

1.1 本論文の背景

1.1.1 コンピュータの発展について

18 世紀から 19 世紀にかけて西ヨーロッパで起こった産業革命では、動力のイノベーションによって生産や人々と物資の移動が大きく変革された。特に移動手段の変革は、人間の行動範囲・物資の流通範囲・購買対象物資の範囲などを拡大させることによって、人類の営みの地理的範囲、すなわち経済圏・生活圏を大きく拡大し、それに伴って人と書物を介してかわされるコミュニケーションのエリアも劇的に拡大して、知的活動や社会の変革にまで繋がった。シュンペータの言うイノベーションの発生である[1]。

次の世代で発生した 20 世紀から 21 世紀にかけてのコンピュータと通信による情報革命は、18～19 世紀の産業革命とは異質ではあるが、それらに匹敵するイノベーションとされており、人類の生活や知的活動、流通やコミュニケーションに留まらず、国家の産業政策、米国大統領選、「アラブの春」のような一国の政権に影響を与える存在にまで影響力を拡大してきた。さらに、この情報革命は、現在も進行中である。

これらのコンピュータと通信による情報革命の発展過程は、下記の 3 つの段階を経てきたと考えることができる。

(1) 第一段階：計算の機械化（1960～1985 年頃）

IT による情報革命の第一段階では、数値計算・論理演算の劇的な効率化（労力・正確性・スピード等のアップ）のツールとして「計算機」が登場する。主役は汎用コンピュータ（メインフレーム）とその後のミニコンやオフコン、さらには電卓であり、1960～1985 年にかけて発展し、計算の手間の低減やスピ

ードアップに活用された。また、計算機能は企業の事務の効率化にも活用されるようになった。例としては会計計算や請求書の発行などである。電卓や事務の効率化等への流れは、コンピュータが特殊な人々の用途から、一般のユーザに触れられる機会を得ることとなった。

(2) 第二段階：利用範囲の拡張（1985～1995 年頃）

第二段階では、1985 年前後から 1995 年前後にかけて CPU や LSI の小型・低価格化[2]、PC の大規模な普及等によって、コンピュータはそれまでの「計算」の領域から「文書作成」・「保管」・「検索」、さらには「画像」や「音声」の取り扱いへと拡大が始まりつつあった[3]。

特に、同時期に始まったインターネットにより、次のステップでは新しいコミュニケーションの領域が形成されるようになった。これもコンピュータの領域の拡張に大きく影響するものとなった。

(3) 第三段階：NC によるパラダイムシフト（1995 年前後～現在）

第三段階では、1990 年前後に NC が提唱され、1995 年前後～現在に至るまでにコンピュータとネットワークとの融合によるモデルとして発展した。NC は、以下に述べる内容と構成によって形成されている。

1.1.2 NC について

(1) NC の定義

コンピュータは、1990 年前後からのそれ以前よりもさらに進んだ小型・高性能化と、ネットワークのデジタル化・ブロードバンド化との融合によって、それまでの計算や文書作成保管等の知的支援と事務処理の領域から、コミュニケーション、遠隔でのコンテンツ提供（エンターテインメント、書籍、マスコミ情報等）、設備制御等々、広い領域へと拡張が始まった。

そこで、本論文では、NC を「コンピュータと通信を融合させて、コンピュータ機能をサービスとして提供するモデル」と定義する。

この NC によって、コンピュータはその位置付けも変革し、単なる情報処理ツールからビジネスのツール、生活のためのツール、さらには知的基盤、社会基盤へと発展して、パラダイムシフトともいえる状況となった。また、それ以前のモデル（上記の第二段階まで）と比較すると、コストや利用するための手間の低減も大きく改善された。

(2) 従来のコンピュータの構成要素

NC 以前の従来型コンピュータモデルは、図 1-1 に示すように、手元のハードウェア（たとえば PC）上にソフトウェアを搭載し、

- ◆人間がコンピュータに情報もしくはコマンドをインプットする。
- ◆コンピュータがアプリケーションソフトによって情報を処理・保管・廃棄を実施する。
- ◆人間がそのアウトプットを画面やプリントにして視認し、活用する。

というプロセスでコンピュータ機能が提供され、高速な処理能力や正確性、さらには保管・検索・再利用などの便利な機能提供などをもたらしてきた。

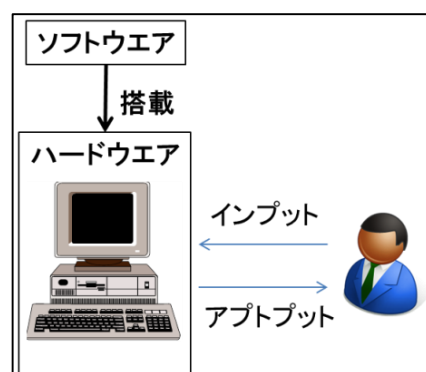


図 1-1：従来型コンピュータモデル

(3) NC の構成要素

それに対して NC では、これら従来型コンピュータモデルのプロセスに加えて、下記のようなプロセスとなっている。

以下に記述する◆は、上記の従来型コンピュータモデルと同じもので、◇は NC の特徴的なものとして示す。

- ◆人間が情報もしくはコマンドを端末コンピュータにインプットする。
- ◇ネットワークを通じて、コンピュータに情報とコマンドをインフラ側（以下データセンターと呼び DC と略す）に送信する。
- ◆受信した情報やコマンドは、DC に設置したサーバシステムのソフトウェアによって処理・保管・破棄を実施する。
- ◇DC からネットワークを通じて端末側コンピュータへ、アウトプットをサービ

スとして送信する。

◇アウトプットされるサービスは、他のサービスとの連携によって、コンテンツの重ね合わせや別のデータとの合算等を実施して、さらに充実したサービスとして送信する。

◆人間がそのアウトプットを画面やプリントにして視認し、活用する。

このことから、この中の構成要素を分類すると、

①NC と従来型モデルの共通の構成要素

◆端末側コンピュータ

◆ソフトウェア

◆画面やプリントによる利用

②従来型モデルとは異なる、もしくは特徴的な NC の構成要素

◇ネットワーク

◇NC のサービス

◇NC のサービス間連携

◇インフラとしての DC

◇サーバシステム

となる。

上記の②の 5 つの NC の特徴的な構成要素の中で、「ネットワーク」に関しては 1990 年前後の当時において、世界中のキャリア、通信機器メーカー、ソフトウェアベンダーが通信のデジタル化、物理線と通信機器と制御ソフトによる高速化、ソフトウェアとプロトコルによる誤り訂正・セキュリティ¹等々、あらゆる面での研究・開発が進みつつあり、問題の解決や顕著な発展があった。

また、「サーバシステム」に関しても、OS、プログラム言語、仮想化、時分割処理、負荷分散、ハードディスクの大容量化、CPU の高速化、並列処理、データベース、ストレージ等々、多くの研究者・開発者が携わり発展した。

¹ 1990 年前後は、TTC (Telecommunication Technology Committee : 情報通信技術委員会) が中心となり、諸外国とのコミュニケーションを実施し、デジタル化とブロードバンド化を実現するための、通信プロトコルやセキュリティ等の技術の議論や標準化の作業を実施していた。筆者も TTC メンバーとしてプロトコル等の議論と標準化作業、諸外国とのコミュニケーションに従事していた。

しかし、その他の 3 つの構成要素である、「NC のサービス」、「NC のサービス間連携」、「インフラとしての DC」については、それぞれの重要な局面において、改善される状況が見られず、問題を抱える可能性が高いと考えられた。

そこで本研究ではそれら 3 つの構成要素、

◇NC のサービス

◇NC のサービス間連携

◇インフラとしての DC

に着目する。

これら 3 つの構成要素は、図 1-2 のように捉えられる。NC では、様々なアプリケーションソフトやコンピュータ機能(情報保管機能やコミュニケーション機能等々)が「サービス」の形態で提供される(図 1-2①サービス A～D に示す)。

また、それらのサービスは単独で提供されるだけではなく、他のサービスを活用し「サービス間連携」によって提供される(図 1-2②サービス間連携に示す)。

さらには、それらのサービスやサービス間連携の機能は「インフラ」としての DC に集約されて提供される(図 1-2③インフラに示す)。

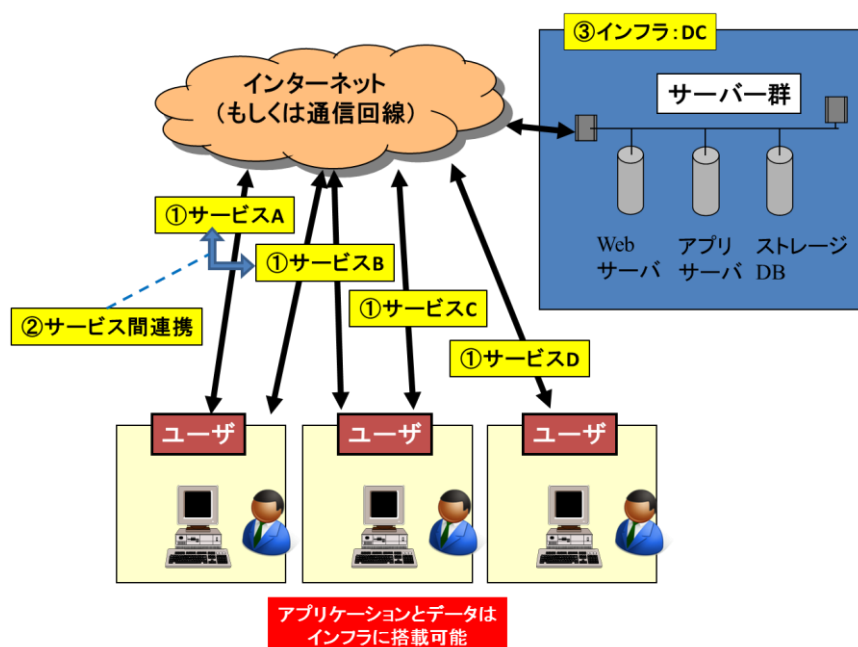


図 1-2：着目した NC の構成要素

これらの着目した 3 つの NC の構成要素である NC のサービス/サービス間連携/イン

フラは、NC の発展過程においてそれぞれ重要な局面があり、その時代ごとに問題があった。

次節ではそれらの問題と本論文の目的、本論文の概略について述べる。

1.2 本論文の目的と概略

本研究で着目した NC の 3 つの構成要素、すなわちサービス/サービス間連携/インフラに発生した、NC の発展に関わる重要な問題と、本論文の目的・概略について以下に述べる。

1.2.1 NC の発展過程における重要な問題

(1) NC のサービスにおける遠隔会議に関連する問題

NC のサービスには、ASP/SaaS²と呼ばれる遠隔でのアプリケーションソフトウェアサービス[4]や、エンターテインメントやニュース記事などのコンテンツ提供、遠隔での設備制御などのいくつかの分野があり、近年では、それらをクラウドコンピューティング³とも呼んでいるが、1990 年前後においては、コンピュータとネットワークの性能とコストなどの問題から、まだこれらのサービスは普及していなかった。

そのような中で、社会情勢として 1980 年代には日本の産業において輸出が急増し、貿易摩擦が発生するような状況となっていた。それにより、1990 年前後になると海外出張が増加し、当時 1000 万円レベルの価格の遠隔会議システムでも、海外出張の多い一部の大手企業では十分に経済的効果が見込まれ、この時代の NC のサービスとして、遠隔会議は大きな位置付けとなった。

しかし当時、遠隔会議には下記のような重要な問題があった。

① 遠隔会議における適切なメディア提供

1990 年前後の NC の黎明期において、遠隔会議では動画と音声メディアを

² ASP/SaaS : それぞれ Application Service Provider、Software as a Service の略で意味はほぼ同義語。これらは ASP がトレバー・ケネディ氏、SaaS はマーク・ベニオフ氏が提唱したものと言われており、両呼称ともそれぞれが経営する企業の販売促進戦略を目的としたバズワードである。総務省では、これらを後述するガイドラインにおいて取扱う上で、筆者が事務局となって整理し、ASP・SaaS を「特定または不特定の利用者が必要とする情報システムの機能を、ネットワークを通じてサービスとして提供し、サービスの利用の対価として利用者からサービス利用料を受け取るビジネスモデル」と定義している。

³ クラウドコンピューティング : エリック・シュミット氏が唱えた呼称で、当時は ASP/SaaS と同様に、民間企業による販売戦略上のバズワードであったが、今日では広く普及した呼称となっている。

提供し「TV 会議システム」もしくは「ビデオカンファレンスシステム」と呼ばれていた。

しかし、動画と音声による遠隔会議システムでは、通信関連業界が長く取り扱ってきた電話における音声の次のメディアとして、動画を通信上で扱うことに注目が集まり、それらの品質向上に競争が激化していた。メディアをリッチにすることは、意義のあることではあるが、動画と音声に偏った傾向は、本来の意味での遠隔会議を支援するツールとしては不十分であり、通常の会議でも利用される資料提示や手書きのメディアを追加する必要があると考えられる。

しかし、この問題に効果的な解決策を与えることにより、NC のサービスとしての遠隔会議のメディアを適切に提供することができることとなる。

② 遠隔会議における複数人数のメディア提供

遠隔会議では、片側で複数人数が参加する例は、少なくないことは容易に想定される。その際においても、上記と同様に動画や音声以外の資料提示や手書きのメディアについてどのようにするかが課題となる。方法としては、2つ考えられる。

一つ目は、複数の人数分の手書きと資料表示のための端末を配備する方法、二つ目は、大画面のタッチパネル付きディスプレイにより電子黒板を接続する方法である。

ここで、複数の人数分の端末を配備する方法は、会議室が煩雑になり、特別な専用会議室を除き、一般のオフィスの会議環境としては適切ではないと考えられた。

タッチパネル付き電子黒板は、室内の会議での電子黒板利用と合わせて、複数人数の遠隔会議にも利用可能となる。しかし、1990 年代前半における大型タッチパネルは、いくつかの制約があった。コストの安いタッチパネル技術は透明性が悪く表示画面がぼけてしまい画像の視認に障害があった。また、当時も透明性の高いタッチパネルはあったが、複数人数に必要な大画面（70 インチ程度）になるとコストや重量において問題があった。

この問題に有効な解決策を与えられれば、複数人数の遠隔会議においても資料提示や手書きのメディアの活用が可能となる。

（2） NC のサービス間連携に関連する問題

2000 年前後になると、PC とインターネットが普及し、ブロードバンド通信が常時接続かつ低料金で広いエリアで利用が可能となった。それらを背景として、ようやく NC

によるアプリケーションソフトウェアやその他のコンピュータ機能の遠隔サービスが提供され始めた。

そこでは、それまでの単独でのサービス利用だけでなく、NC ならではのネットワーク上で複数のサービスを連携させて利用するための技術的手法も出始め、さらに利便性の高い環境が提供されていた。しかし、サービス間連携には、大きな利便性もあるが、それまでにはないコンピュータ利用モデルであるため、新しい問題も発生していた。

それ以前から、企業向け通信サービスでの容量の変動や信頼性を保証するために、「約款」もしくは「SLA⁴」と呼ばれる取り決め方法が存在していた。通信分野ではその事業特性である通信線路と交換局などの大きな設備投資が必要なことから、提供企業（キャリア）の数は少なく、また通信接続が主でサービス間連携もなかったため、それぞれの提供者が個別にそれらを提示していた。一方で、NC の分野ではそのような慣習が 90 年代までにはなかった。

しかし 2000 年以降になり、サービス事業者が複数出現してくると、より充実したサービスの提供のため、サービス間連携が発生してきた。しかし、それぞれのサービスは異なる品質で提供されていたことから、連携するサービス同志の品質が把握できないと、結果としての自社のサービス品質がどのようになるのか不明になるという問題が発生する。そこで、NC におけるサービスの SLA についての共通の定義と基準値等をメタ情報として共有し、開示することが必要となる。

北米においては、SLA について一部の企業から提案されていたが[5][6]、サーバ製造企業やシンクタンクからの提案であり、北米特有のデファクトスタンダードの獲得競争の中で、共通の SLA というレベルには発展していなかった。

そこで、共通の SLA 基準とメタ情報をどのように設定・普及し、実現するかが問題として捉えられた。またその過程では、日本国内の商慣習や情勢に合った形態で、それらを各サービスベンダーが共通のものとして扱うような状況作りも必要と考えられた。

（3）NC のインフラに関連する問題

2005 年前後になると NC のサービスは PC 等の端末間や、特定のサーバと PC 等の端末間でも実現することが可能になってきたが、より多くの利用者による活用や設備効率・コスト効率を上げるために、インフラである DC にサーバ等の設備を集積するようになっていた。そのような中で、DC の消費電力も大きなものとなり、電力料金はコスト競争力としても大きな位置付けとなっていく。さらに、サーバのパワーアップに伴い、それらは急速に大きくになることが予想された。

しかし、従来から電車や工場などの動力や燃焼を伴う分野の施設は、省エネ問題に大

⁴ SLA : Service Level Agreement ネットワークや NC の信頼性や品質保証項目を、メタ情報として規定し、サービス契約や開示する約款などに反映することを指す。

きな関心を払っていたが、2000 年前後のコンピュータ関連分野では、消費電力について大きな関心が注がれない傾向にあった。

そこで NC のインフラにおける中心的存在としての DC で、その消費電力の低減問題は大きな課題として捉えられ、それらの効果的な解決策の提供は NC の普及・発展のために、重要なことと考えた。

1.2.2 本論文の目的

NC は本研究で着目した 3 つの構成要素、すなわちサービス/サービス間連携/インフラについて、1990 年前後に提唱されて以来、NC の発展過程の重要な局面において問題が存在していた。

本論文では、NC の普及実現のため、これらの時代ごとの問題に着目し、それらに有効な解決策を与え、評価し、その意義を明らかにすることを目的としている。

(1) NC のサービスにおける問題と対応

1990 年前後の NC の黎明期において、前述のような状況から遠隔会議が立ち上がりつつあったが、動画・音声メディアの提供に偏重した状況になっており、本来コミュニケーションに必要な資料表示や手書きのメディアを提供する必要があるという問題に着目した。

また、複数人数の遠隔会議の手書きメディアに必要となる大画面タッチパネル付き電子黒板に、適切なタッチパネル技術がないことについても着目した。

これらの課題に有効な解決策を与えることは、1990 年前後の NC の黎明期において遠隔会議の利用拡大に重要なテーマであり、NC の普及実現に大きな影響があった。

(2) NC のサービス間連携における問題と対応

2000 年前後には NC のサービスにおいて、多様なコンピュータ機能の遠隔サービスが提供され始めてきたが、それらのサービス間での連携をすることが NC の重要な利便性となりつつあった。

そのサービス間連携には、連携する相手がどのような SLA であるかが把握できることが必要となるが、当時はまだ共通の SLA が整備されていない状況があり、問題として着目した。

この課題に日本国内の情勢に合った解決策を与えることは、当時のサービス間連携の利用拡大に重要なことと捉え、それは NC の普及実現に大きな影響があった。

(3) NC のインフラにおける問題と対応

2005 年前後になると、インフラの中心となる DC への集積度が高まって消費電力も大きなものとなり、その後サーバのパワーアップによってさらに DC の消費電力が大きくなることが予測されたことから、その削減について着目した。

これらの課題に有効な解決策を与えることは、DC の利用推進に重要なことと捉え、それは NC の普及実現に大きな影響があった。

1.2.3 本論文の概略

これまでに述べてきた背景、着目した NC の 3 つの構成要素における問題、本論文の目的を踏まえて、本論文は下記のような構成で述べる。

第 2 章では、着目した NC の 3 つの構成要素、すなわち NC のサービス/サービス間連携/インフラにおける問題について、取り組む課題に関連する研究・論文等をサーベイし、本論文との関係を明確化する。それにより、本論文の意義を述べる。

第 3 章では、本研究で着目した NC の 3 つの構成要素の問題の中で、第一のテーマである NC のサービスについて、その黎明期において NC の普及実現にとっての重要な問題とそれらへ有効な解決策を与えたことについて述べる。

まず、NC の利用拡大に重要と考えられる遠隔会議を支援するメディア提供について着目し、1990 年代前半の当時は、それらが動画・音声に偏重し、本来のコミュニケーションに必要なメディアの提供がなされていないという問題があった。重要なメディアとして資料表示や手書きメディアが必要であり、それらへの対応のための開発と商品化について述べ、それらの評価と意義を明らかにする。

また、遠隔会議を複数人数で実施する場合の資料表示と手書きメディアの提供について検討し、そのために活用するタッチパネル付き電子黒板の問題点について分析し、それへの対応方法としての新技術の開発と商品化について述べ、評価することにより、その意義を明らかにする。

第 4 章では、本研究で着目した NC の 3 つの構成要素の問題の中で、第二のテーマであるサービス間連携における問題とそれらへの対応について述べる。ここでは、前述のように 2000 年前後に普及が始まった複数の遠隔サービスを連携させて活用することが NC の普及・実現に重要と考え、それらのサービス間連携において、サービスそれぞれ

の信頼性やサポート等に関する SLA が必要であることに着目した。SLA では、それまで提供者と利用者の間で共有されていないか、もしくはサービス提供者ごとに異なる状況であったが、それらには共通の言葉によるメタ情報化と基準化が必要となると考え、それらの内容と実現経過を示し、その評価により意義を明らかにする。

第 5 章では、本研究で着目した NC の 3 つの構成要素の問題の中で、第三のテーマであるインフラについての問題とそれらへの対応について述べる。ここでは、当時から世界的な課題となっていた地球温暖化問題にも関連し、2005 年前後から DC へのサーバの集積化が急速に始まっていたことから、DC の消費電力の低減について着目した。本章では、この DC の消費電力について分析し、消費電力の低減方法として、寒冷地に DC を設置して寒冷な時期には外気を活用し、夏には保管しておいた雪氷を活用して冷房する方法を検討し、実験による検証結果について評価して、その意義を明らかにする。

第 6 章では、これらの本研究で着目した NC の 3 つの構成要素の課題対応、すなわちサービス/サービス間連携/インフラにおける課題対応のまとめと、今後の計画について述べる。

第 2 章 関連する研究のサーベイと本研究の位置付け

本章では、2.1 節において、前章で述べた NC の 3 つの構成要素における問題、すなわち NC のサービスにおける遠隔会議での問題、NC のサービス間連携における共通 SLA の問題、NC のインフラにおける DC の消費電力の問題それぞれに関連する研究や論文についてサーベイを実施し、2.2 節において本論文の位置付けについて述べる。

2.1 関連する研究のサーベイ

前述のとおり NC の実現・普及のためには、3 つの問題に対応する必要がある。すなわち、NC のサービスについては、遠隔会議への資料表示や手書きメディアなどの本来コミュニケーションに必要なメディア環境の提供と、複数人数の遠隔会議でのメディア環境の提供のためにタッチパネル付き電子黒板を活用する際の問題対応、また NC のサービス間連携については、共通の SLA 基準の実現、さらには、NC のインフラについては、DC の消費電力の効率化の実現である。

それらについて、関連する研究のサーベイについて下記に示す。

2.1.1 NC のサービスにおける遠隔会議支援に関するサーベイ

本研究で着目した NC のサービスにおける遠隔会議の問題に関連する 1995～2005 年前後の研究と本論文の関連について示す。

(1) 遠隔会議のための資料表示と手書きメディアに関連する研究

1995 年当時、本研究を実施していた時期における遠隔会議のための資料表示と手書きメディアに関連する研究について述べる。

まず、図 2-1 に示す Watabe らの研究「MERMAID」[7] では、UNIX ワークステーションに、手書きライティングパッドを外付けし、動画、音声を通信上でリアルタイムに情報交換可能となるシステムを開発し発表した。これによって、1 人対 1 人の環境におけるコンピュータとネットワークを活用したコミュニケーションメディアが装備されたことになる。

しかし、それぞれのメディアのための装置を個別に利用者が準備する構成となっており、ハードウェア接続と多重化、ドライバ、操作などのソフトウェア装備の複雑さから、通常の利用には難しい状況にあった。また、遠隔会議という使われ方の性質上、利用頻度が多くなく、さらに会話の最中に利用するという操作時間の制約のある中で、それぞれの操作の習熟性を要求されるが、これらは関連技術の熟練者でない限り難しいと考えられる。よって実際に実際の市場では、会議に利用するには困難であると思われる。

また、ライティングパッドと画面が別々のハードウェアでかつ離れているため、意図した場所には書き込むことは難しい。



図 2-1 : MERMAID の外観

Mark Weiser は論文「The Computer for the 21st Century」[8]において、「道具の意識が無くならない限り、それは本当に道具とは言えない。」と述べている。つまり、利用する際に熟練を要し、操作することに気を取られることは、情報メディアを活用するには障害と捉えることができる。

よって、これらのメディアごとのハードウェアとソフトウェアが統合化、シンプル化を実現していないと、実際の遠隔会議での利用は困難と考えられる。

また、林らの「サイバーサークル」[9]では、動画音声だけではなく、「資料提示」の重要性を指摘している。この研究でも、会議における重要な情報メディアである資料(文字とグラフィック)を共有する実験システムを構築して、遠隔会議を通常の会議に近い環境にすることを目指している。

しかし、文字とグラフィックの資料と写真・動画を画面上で合成するなどの実験的試みを中心となっており、本格的な遠隔会議への利用を指向しているものではなかった。

さらに、Mark Stefik らの研究「Colab」[10]では、室内の会議で LAN 上に接続されたタブレットコンピュータとプロジェクトに資料を表示しながら議論をするための会議システムにアプローチしている。ここでも類似する資料提示と手書きのメディアの会議における活用を指向している。

しかし、これは 1987 年の実験であり、公衆ネットワークインフラがまだ十分ではない時代であったことから、ブロードバンドを活用した動画音声を含んだ複合メディアによる遠隔会議へのアプローチにまでは至っていなかった。

これらのように、会議もしくは遠隔会議において、動画音声に偏重するのではなく、資料提示と手書きメディアも重要であることについて、類似の研究がなされ、それらの問題と対応には共通の理解がある。

しかし、これらの関連する研究においては、それぞれのメディアを装備させるために、当時の既存ハードを寄せ集めたものや、通常の遠隔会議で利用されないような特異な用途についてアプローチしており、使いこなすことが難しい状況にあった。

これらのことから、会議における資料表示と手書き機能を、利用者にとって使い勝手良く装備し、かつ利用頻度から装置の利用や操作の習熟性があまり上がらない「会議」という環境にどのように対応するのかについて検討が必要と考えられる。

(2) タッチパネル付き電子黒板の技術についてのサーベイ

前述のとおり片側が複数人数の会議で、手書きメディアの提供のために必要となるタッチパネル付き電子黒板では、大型ディスプレイは提供されていたものの、大型のタッチパネルの技術には、1995 年当時においてそれぞれに下記のような状況にあり、それぞれに適切でない要素をもっていた。これらの改善が実現すれば、NC の遠隔会議のサービスは大きく改善され、それは NC の進展にも影響を及ぼすと考えられる。

① 感圧抵抗膜方式[11]

抵抗膜を張ったパネルに、一定の力でタッチしたことを圧力によって抵抗値が変化することで検知し、XY 方向での変化位置により座標を特定する。小型用途では、最も量産されている方式である。

◆利点：小型であれば低コストとなる。

特殊ペンを必要とせず、指でもタッチしたことを検知できる。

◆欠点：この方式では精度が数ミリとなり、一定エリアの特定には向いているが、軌跡画像による手書き用途では 1mm 程度の精度が

必要であり、その精度にすることは、当時は難しい状況にあった。大画面になると製造コストが急激に上昇する。

当時の技術では、圧力が必要なため、タッチ感にごわつきがあり、手書き感触が悪い。また、透明度が低いため、投射型プロジェクタへの利用に限定され、ディスプレイ表示画面では、画像がぼやけて視認が難しくなる。

② 光アレイ方式[12]

上下・左右に精細度に合わせて多数の **LED** を埋め込んだ発光アレイと、受光素子を埋め込んだ受光アレイを配置し、指やペンで光を遮断すると座標を検知するようにした方式である。

◆利点：特殊ペンを必要とせず、指タッチも可能。

タッチ感が良い。

透明であり、ディスプレイ表示の画像品質を低下させない。

◆欠点：精細度は発光素子と受光素子の密度で決まり、密に敷き詰めると精細度は上がるが、大量用途の市場ではないため、コストが大幅に上昇する。

③ 静電容量方式[13]

導電線を画面上（ガラス等の中に封入するなど）に配し、通電しておいて、表面に電界を変化させるペンで触れて、その結果変化する静電容量のレベルによって、位置を特定する方法である。

◆利点：透明度が得られる。

タッチ感が良い。

◆欠点：ガラス等に封入する製造コストと材料コストが極めて高い。

精度が数ミリ程度までとなり、良くない。

装置として重量が重い。

静電容量を変化させるための特殊なペンを必要とする。

④ 超音波表面弾性波方式[14]

ガラス表面に超音波を伝達し、弾性のある物質で触れられることによって音波が吸収されて伝達される信号強度が弱くなる性質を利用している。

図 2-2 に示すように、ガラスパネルのコーナに設けられた発信トランスデューサから超音波（実際には 5MHz 程度）を短時間に繰り返し発信し、ガラスに入射された時点で表面弾性波となり、反射アレイ 1 を通過する過程で順次 90° 曲げられてタッチ領域に達する。その弾性波が、再度対向側の反射アレイ 2 を経由して受信トランスデューサに回収される。

その過程でタッチした位置により到達時刻が異なるため、指やゴム状のペン先による超音波の吸収があったときにはその時刻領域だけ信号強度が弱くなることで、タッチ位置が検出できる。

- ◆利点：透明であり、表示ディスプレイの画像品質を劣化させない。
柔らかいものであれば指やゴム製のペンなど、タッチして検知されるものは範囲が若干広い。
タッチ感が良い。
- ◆欠点：装置が厚いガラス製で重量が重い。
コストが高い。
位置検知精度が、数ミリとなり悪い。
固いペンなどは超音波弾性波を吸収しないので検知しない。

これらのことから、1995 年前後において、手書きメディアを提供する電子黒板のための大型（電子黒板に必要な 70 インチ程度）タッチパネルに利用可能な技術のどの方式においても、下記のいずれかの問題がある。

- ◆大画面に対応したときのコスト
- ◆背面のディスプレイを視認するためのタッチパネルの透明性
- ◆電池の不要な（できれば指や簡易なペン）タッチ方式
- ◆タッチ感
- ◆タッチパネルの取り付け部分を含めた重量
- ◆違和感のない一定の精細度（黒板であれば 1~2mm 程度）
- ◆耐久性

これらをクリアするための新しい適切な大型タッチパネル技術が必要である[15]。

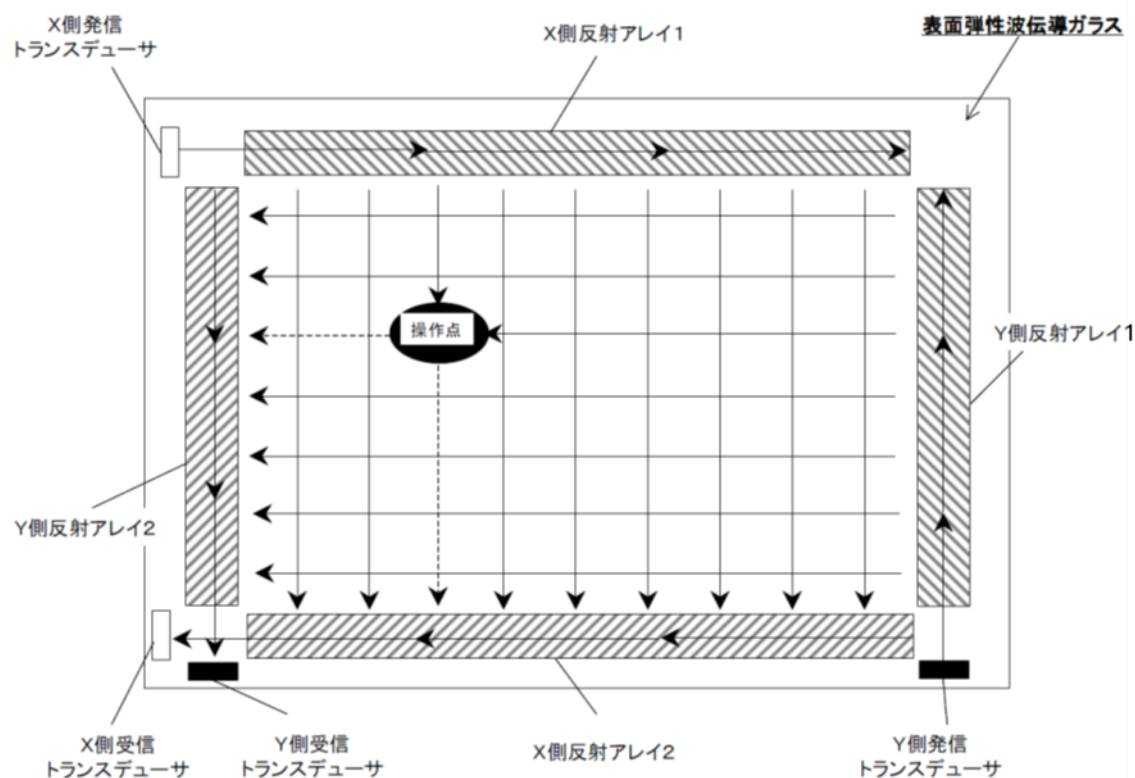


図 2-2：超音波表面弾性波によるタッチパネル技術

2.1.2 NC のサービス間連携に関するサーベイ

2000 年前後において、NC におけるサービス間連携が始まりつつある頃、欧米においては SLA という呼称でサービスの品質や開示方法について検討する動きがあった。

例えば、W. Maurer らによる「A Guide to Successful SLA Development and Management」[5]では、SLA をカテゴリーの設定、計測方法、計測結果、利用可能な時間帯・日程、計測間隔、報告管理方法等において定義しようと試みている。そもそも SLA は、サービス提供者と利用者間において対象のサービスがどのようなものであるか情報を共有するためのものであり、共通の言葉やそれらの定義を明確化する必要がある。しかし、このシンクタンクによる一つの提案は、NC の提供の際の方向性として示されており、全米のサービス提供者全体がこれらに沿って運用するというものではなかった。北米市場では、各企業による自由な競争が自由主義社会の本分とされ統制や画一化を嫌う傾向にあった。特に、まだ黎明期にあった NC のサービスにおいては、ベンダー間に共通な統制された動きには至っていなかった。

また、2002 年の E. Wustenhoff による「Service Level Agreement in the Data Center」[6]では、SLA は競争上の要求からも重要であると述べている。すなわち、顧客が NC のサービスを利用する際に、SLA が示されているものとそうではないものを比較すると、提示されているものの方が安心して利用できるのもので、選択されるだろうということである。しかし、E. Wustenhoff 自身がサンマイクロシステムズ所属であり、基盤側のシステムを販売することをビジネスとしている立場から提言されている内容は、より品質の高い基盤の利用推進という方向性があると考えられる。同資料では重要な 5 つの事項として

- ◆サービス提供者は何を約束しているのか？
- ◆サービスプロバイダはどのようにその約束ごとを提示しているのか？
- ◆サービスの結果を誰がどのように測定しているのか？
- ◆サービス提供者が約束通りにサービスを提供できなかった場合にはどうするか？
- ◆SLA を将来変更するにはどのようにするのか？

をあげている。

これらより詳細の項目を検討しているが、上記の 5 項目すべてがサービス提供者側からの見方によるものであり、また同資料にはペナルティの項目さえ記述されている。つまり、高品質で高いレベルのサービスを推進して、高いレベルの SLA を顧客に提示する方向に記述されている。そのためには、高品質で高速なサーバ基盤が必要となる。

これとは逆に、利用者がサービスを選択する際には、一部は低コストで SLA は低いレベルも容認するという論理もある。すなわち、「SLA をどのように低く抑えるか」という議論も利用者側からの論理として必要と考えられる。

また、このようなサーバベンダーにだけ付加価値の高い SLA だけを進めてしまうと、サービス料金と SLA のバランスではなく、利用者がコストと関係なくサービス提供者に高品質なサービスを要求する方向となる。そうなってしまうと、SLA を認知させること自体が必ずしもサービスベンダーにとって有利なことではなくなり、結果として SLA が普及しないという悪い影響も考えられる。

北米では、そのような状況下で、提案はあっても SLA の普及・共通化は進んでいなかった。

一方、日本国内では、指標や基準の共通化は中央官庁および関連する業界団体から出されるガイドラインによって、各企業がそれらに沿った動きをする慣例がある。それら是一部に、社会的には「規制緩和が必要」として名指しされ、良し悪しが論じられることもある。また、日本のベンダーにとっても、上記の北米と同様に、顧客に SLA を知

らせること自体、あまり得なことではないというビジネス論理もある。さらには、2000年当時の国内では、政府や関連団体においてコンピュータ機能の提供がサービス化することや、顧客にそれらのサービス間連携については議論する場もなかった。また、担当当局は従来型コンピュータと通信は別の省庁であり、NCの担当当局は明確ではなく、その関連業界団体そのものも存在しなかった。

国内でもこのような状況が続くと、SLA基準がないまま進むこととなり、利用者に対してサービスの品質やサポートについて同じ言葉、同じ基準でSLAが提示されないことで、NCの利便性の一つであるサービス間連携を活用することに障害が発生することは明白であった。

そこで、SLA基準設定の進め方と基準内容の両面から、日本の情勢に合った動きをする必要があった。このことは、NCのサービス間連携に強い影響があり、それによりNCの実現・普及に少なからず影響することが予見され、重要な問題として捉えられた。

2.1.3 NCのインフラとしてのDCに関するサーベイ

地球温暖化問題が議論され始めて、20年以上が経過しているが、電力消費と地球温暖化のつながりは、まだ様々な議論がある。しかし、省エネ化の問題は、明らかに改善していくべき課題であり、経済活動を低下させずに消費電力を効率化していくことは重要なテーマであることには議論の余地はないと考えられる[16]。

NCにおいて、DCに設置するサーバはNCの根幹であり、もっとも重要な装置である。DCでは、これらが高い集積率で搭載され、サーバ製造業者から動作品質保証のため、一定の温湿度環境で稼働することを求められる。そのため、データセンター側は、表2-1に示すように、サーバールームを一定温度に制御することが標準としてが設定されている。

そこで、2005年当時は、サーバから発生する熱量に対して、大きな電力を使って機械冷房装置により冷房を実施することが通常のこととなっていた。

しかし、この冷房を実施するための消費電力が、DC全体の電力消費の構成比において大きな占有率となっている（第5章にて後述）ことから、これを低減することについて、いくつかの研究がなされてきた。

一つは北米において、サーバの冷却を「空調」ではなく、図2-3に示すように直接サーバのデバイス付近を「水冷」によってピンポイントで冷却する方法が提案されている[17]。この「水冷」は、従来の「空調」が発熱源のターゲット以外の余計な部分まで冷やすことと、さらには空気を媒介にすることによるエネルギー損失があることなどを改善することから効率は高い。しかし、大量の電子素子を一つずつ冷却するための装置が

複雑になり、大きなコストアップとなるためこれまで実用化はされていない。さらには、液体をコンピュータの内部に流すこと自体に業界の感覚的な拒否反応もあったと思われる。もし、液体が漏れるとコンピュータに重大な故障を起こさせる可能性があるという不安である。

表 2-1：米国暖房冷凍空調学会⁵における DC の温湿度管理基準

	LT	HT	LRH	HRH
許容範囲	15°C	32°C	20%	80%
推奨範囲	18°C	27°C	25%	60%

LT：下限温度、HT：上限温度

LRH：下限相対湿度、HRT：上限相対湿度

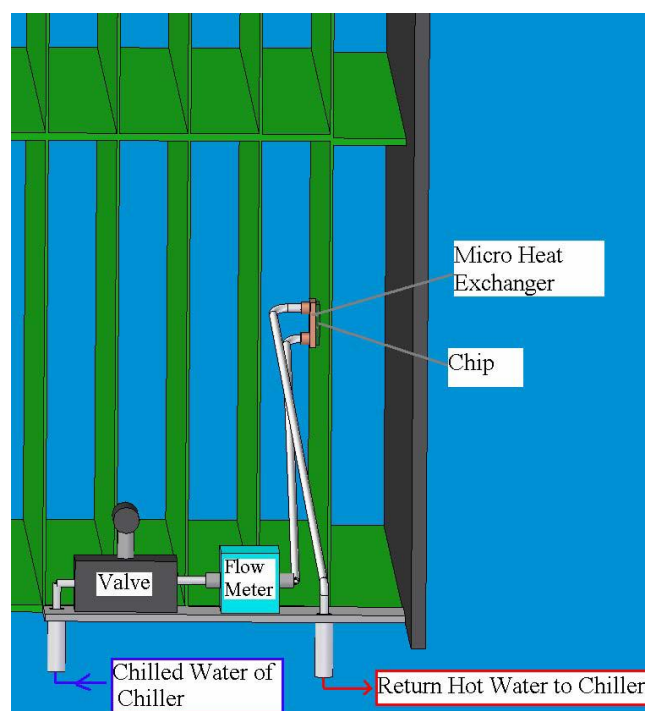


図 2-3：サーバの水冷式冷房

一方で、図 2-4 に示すような、冷気が冷涼な時間（期間）に、外気を活用してそのエネルギーを冷媒等による熱交換によって、DC の内部の空気を冷却する方法が、香港市立大学とメリーランド大学において 2010 年に報告がされている[18]。これによって、

⁵アメリカ暖房冷凍空調学会：ASHRAE（American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers）、ASHRAE の技術委員会において、データセンターの推奨温湿度条件を設定しており、世界で参照されている。

機械冷房のためのエネルギーは節減される。これは間接外気冷房と呼ばれ、より寒冷な気候の地域に DC を立地すれば、さらに消費電力の節減に貢献することは明らかである。

ただし、図 2-4 の間接外気冷房の提案は、冷媒を活用する間接的な熱交換であることから、エネルギーの損失が大きく、効率がよくないことから、当時は DC には普及していなかった。

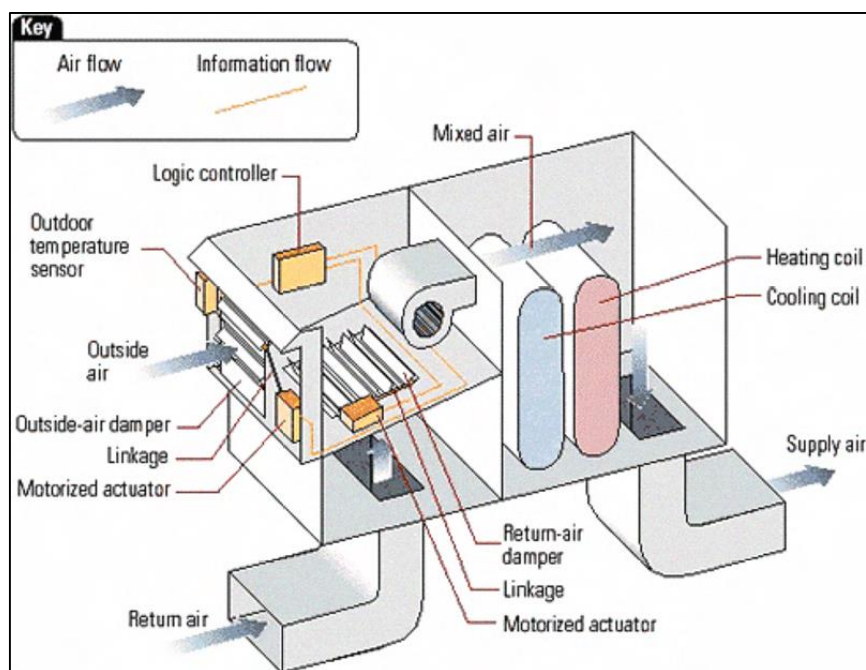


図 2-4：間接外気冷房

また、類似の提案は、英国 BT 社 Pat Gillan から報告がされている[19]。

これらの間接外気冷房を改善するため、外気を直接活用することは、間接外気冷房よりも効率的で、大きな省電力効果があることは明らかではあったが、1980～1990 年代までのメインフレームの時代から、空気中の不純物の問題、および外気を取り入れてその温度が上昇した際の湿度低下の問題により、空調方法としては良好ではないと考えられおり、いわば業界の常識として 20 年以上に渡って、外気の直接取り入れによる冷房は避けられてきた。

それに対して、当時の関連技術の向上によって空気中の不純物はフィルターで除去が可能となり、湿度は加湿器と除湿器によって制御することが、それぞれの性能が向上することによって可能となってきた。

しかし、日本国内においては、寒冷地においても夏には 35℃前後まで気温が上昇することがあり、表 2-1 に示すとおり、サーバの管理温度について 27℃以下が推奨され

ているため、年間を通じて外気を冷房に活用することは難しいと考えられ、問題として残されていた。

また、図 2-5 で「仮想マシン（仮想サーバ）」と記載されているものは DC に搭載されかつ仮想化されたサーバであり、「非仮想化サーバ（物理サーバ）」と記載されているものの多くは従来のオフィスに設置されるクライアントサーバで利用されるサーバの台数である⁶。これを見ると 2012 年において、DC に搭載されるものが、そうでないものをすでに上回っており、今後もその差は広がることが予測されている。つまり、DC への集積は今後も拡大の一途となることがわかる。よって、DC の省電力は、今後も NC が発展するうえで、さらに重要性が増すと考えられる。

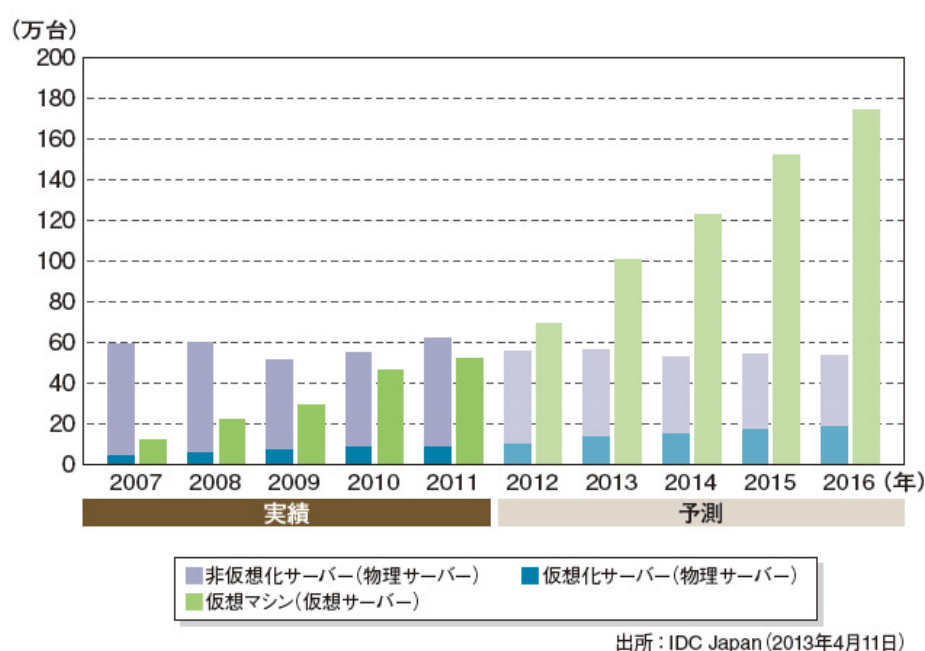


図 2-5: DC におけるサーバ台数の増加

⁶ 物理サーバ：仮想化マシンは DC インフラに搭載されるものがほぼすべてと考えてよいが、物理サーバには一部 DC に搭載されるものと、オフィス等に設置されるクライアントサーバ型のものが混在している。いずれにしても DC 搭載型の占有率が大きくなりつつある。

2.2 本論文の位置付け

本論文は、NC が発展する過程で重要と思われる 3 つの構成要素の時代ごとの問題、すなわち、

◆1990 年前後における NC の黎明期に、第一の構成要素である NC のサービスとしての遠隔会議において、動画・音声のメディア提供に偏重していたという状況に対して、資料表示や手書きメディアなどの本来コミュニケーションに重要なメディアを提供する必要があるという問題。

さらに、複数人数の遠隔会議での手書きメディアの提供のためにタッチパネル付き電子黒板を活用する際の、タッチパネル技術が抱える問題。

◆2000 年前後に、NC の普及が本格化し始める時期において、第二の構成要素である NC のサービス間連携については、SLA 基準をいかに作り上げ普及させていくかという問題。

◆2005 年前後に、ようやく NC が広く使われ始めた時期において、第三の構成要素である NC のインフラにおいて DC に集積が進んだ状況で、その消費電力の効率化をいかに実現するかという問題。

について研究し、効果的な対応方法を検討して、それらを評価する。関連する研究のサーベイの結果、下記のことが判明した。

一つは、1995 年前後の当時に NC の利用を拡大するために重要と思われた遠隔会議においては、重要なメディアである資料提示と手書きのメディアについて、いくつかの類似の動きがあり、問題として捉えることが重要であることを確認した。

しかし、それらの類似研究とアプローチは、ハードウェアを集めてかつ多重化のためのソフトウェアを準備して、複雑な組み合わせ環境を構築しており、ユーザにとっての本来のコミュニケーションメディアとして適切に提供している状況ではなかった。

よって、本論文では遠隔会議においてそれら適切なメディアの統合化と多重化をシングル化して装備することをテーマとし、そのための対応策を検討することを考える。

また、複数人数対応のためにタッチパネル付き電子黒板を活用する際に、当時の大型タッチパネルでは、いくつか候補技術はあるものの、それらのすべてにおいてなんらかの不適切な要素があることが判明した。

そこで、本論文ではタッチパネル付き電子黒板に適切な大型タッチパネル技術を新規に開発することをテーマとした。

これらの有効な対応を実現することによって、遠隔会議の利用拡大、さらには NC の実現・普及に貢献することを狙いした。

二つ目は、NC が発展するにつれてサービス間連携が重要なものとなってきたが、その際に共通の SLA の基準が必要となる。しかし、本研究を実施していた当時の 2000 年前後には、北米においていくつかの個別企業の提案はあるものの、国内には提案すらなく、両国とも業界と市場に共通の情報や基準がなかった。

そこで、本論文では、日本の実情に合った SLA 基準内容と共通化の進め方を明確化し、評価してその意義を明らかにすることをテーマとした。

それによりサービス間連携を利用しやすくし、NC の実現・普及に貢献することを狙いとした。

三つ目は、NC のインフラについて、DC の消費電力の効率化の実現が重要と考え、電力消費の占有率では空調が最大であり、サーベイによってそれらを低減する提案がいくつかあることが判明した。その中には、外気を間接的に活用する方法も提案されていた。

しかし、間接的なエネルギー伝達は効率が悪く、かつ夏の気温の高い時期には利用できないこととなり、より効果的な方法が必要と考えられた。

そこで本論文では、冷房電力を大幅に低減することについて検討・提案し、それらを実験によって評価し、意義を明らかにすることをテーマとした。

それにより、DC の消費電力が大幅に低減し、NC の実現・普及に貢献することを狙いとした。

第 3 章 NC のサービスにおける課題

～遠隔会議における適切なメディア提供～

前章までに、1990 年前後の NC の黎明期のサービスにおいて、遠隔会議の普及が始まったことについて述べた。

しかし、動画をコミュニケーションメディアとして通信世界に取り入れることが業界にとって大きなインパクトであったことから、動画に偏重したメディア提供となっていたという問題があった。また、それと並行して、複数人数の遠隔会議におけるメディア提供にも問題があった。

そこで本章では、本来の遠隔会議におけるコミュニケーションのための適切なメディア提供について検討する必要があることに着目し、対応方法について提案して、具体的に実施した結果を評価し、その意義を明らかにする。

3.1 節では本章の背景を述べ、3.2 節では NC のサービスにおける遠隔会議の課題への具体的な対応方法について述べる。さらに 3.3 節と 3.4 節では具体的なシステムの開発結果について述べ、3.5 節ではそれらのまとめと今後の課題を述べる。

3.1 背景

3.1.1 NC の活用分野と遠隔会議の位置付け

NCはこれまでに述べてきたように、コンピュータの機能を、ネットワークを活用してサービスとして提供するモデルであるが、NCのサービスはいくつかの分野が想定された。

これらの代表的分野は、それぞれ通信を活用して遠隔によるもので、

- ◆システム制御サービス
- ◆アプリケーションソフトウェアのサービス
- ◆コンテンツ（エンターテインメントやマスコミ情報等）の提供サービス
- ◆コミュニケーション支援サービス

などがある。

まず、NCによる「システム制御サービス」は、データや制御コマンドを事前に相手が受け取ることが可能なプロトコルを設定しておき、遠隔のコンピュータを所定のプログラムによって動作させ、適切に終了させるものである。遠隔で制御するので、距離に依存しないことや、複数のシステムを集中管理によって制御することが可能であること、制御プログラムのメンテナンスが一か所で容易に実施できることなどのメリットがある。2014年現在の例としては、無人飛行機、監視カメラなどがある。

また、NCによる「アプリケーションソフトウェアのサービス」は、ASP・SaaSと呼ばれ、CDなどの記録媒体で提供されていたソフトウェアを遠隔で利用するものであり、流通コストの低減や、メンテナンスの効率化、流通のしやすさから多様なサービスが提供されるなどのメリットがある。

NCによる「エンターテインメント等のコンテンツ提供サービス」は、音楽や写真・動画のコンテンツサービスと、ゲームなどのアプリケーションソフトウェアに近いサービスがあるが、これも同様なメリットがある。

さらに、NCによる「コミュニケーション支援サービス」は、人と人のコミュニケーションを支援するサービスで、リアルタイムでの動画や音声を活用した遠隔会議サービスや、同じサイトの参加者がさまざまな書き込みをするSNSなどがある。

ここで、前者の3つのサービスとコミュニケーション支援サービスのSNSについては、1990年当時においては、まだシステム全体のコストの問題や、コンピュータと通信の容量が実用的な領域に達しておらず、のちの時代を待つこととなるが、遠隔会議については大きな変化があり、この1990年前後に立ち上がる兆候を見せた。これらについては次節で述べる。

次に遠隔会議のプロセスと位置付けについて述べる。遠隔会議の情報処理は、アプリケーションサービスと比較すると表3-1のようなプロセスとなっている。

表3-1：遠隔会議とアプリケーションサービスの情報処理プロセス

	遠隔会議	アプリケーションサービス(ASP・SaaS)
1	周辺機器からメディア情報をインプットする。	人が情報やコマンドをパソコンにインプットする。
2	CPU・メモリ・記録媒体を活用して、ソフトウェアやアルゴリズムによって情報を処理する(インプット情報の符号化・情報量圧縮・多重化等)。	CPU・メモリ・記録媒体を活用しソフトウェア(プログラム)によって情報を処理する。
3	情報量の多い画像や音声などのアルゴリズム処理はDSPに分担させて、CPUの負荷を低減する。	情報量の多い画像や音声はグラフィックボードやDSPに分担させて、CPUの負荷を低減する。
4	プロトコルに従って通信相手に送信する(通信相手の認証、情報送信宣言、送信)。	プロトコルに従って遠隔のサーバ基盤に情報を送信する。
5	相手側は受け取った情報をCPU・メモリ・記録媒体を活用してソフトウェアやアルゴリズムによって処理する(多重化情報の分離・情報の復号化・伸長)。	サーバ基盤で受け取った情報をサーバのCPU・メモリ・記録媒体を活用してソフトウェア(プログラム)によって処理して、結果を返信する。
6	受信メディアを周辺機器にアブットする(画像表示・音声再生)。	処理された情報をユーザインターフェースにアウトプットする(画像表示・音声再生)。

表 3-1 に示すとおり遠隔会議もアプリケーションサービスも、コンピュータとネットワークを活用し、情報をインプットし、それらを情報処理して送信し、遠隔のコンピュータで受け取った情報をさらに処理して、利用者にアウトプットするという工程において同様であることがわかる。すなわち、相手側に人がいるかいないかという違いであり、NC の範疇として捉えられる。さらに最近では、PC にソフトウェアを搭載し PC 同士で遠隔会議が利用されており、また DC から ASP・SaaS の一つのサービスとして遠隔会議が提供されている。

よって、遠隔会議は NC のサービスとして捉えることができる。

次に、1990年前後までにおけるこの遠隔会議を取り巻く環境の変化について説明し、この遠隔会議がNCの黎明期に早期にサービスとして立ち上がった背景について述べる。

3.1.2 取り巻く環境の変化

1980～1990 年にかけて、NC に関連するいくつかの技術的变化があった。一つは CPU・DSP (Digital Signal Processor) などの高速化・低コスト化、さらにはメモリや記録媒体の容量の拡大である。これによって、より多くの情報を高速に処理することが可能となった。特に DSP は、専用のアルゴリズム等処理するチップで、ソフトウェアで処理することによって CPU に負荷をかけることを避け、CPU と分担して情報を処理することが可能とすることによって、画像や音声など情報量の大きなメディアもコンピュータでの処理が可能となった。なお、その後の PC においてもグラフィックボードや DSP を活用して同様なことを実施している。

また、通信のブロードバンド化やデジタル化、通信装置の高性能化により、同様に画像や音声などの情報量の大きなメディアも扱えるようになった。

さらには、1980 年後半からそれまで研究段階だったファクシミリの量産化と市場拡大が大きな影響を及ぼした。ファクシミリは、資料画像を CCD によって読み取ってデジタル化し、ソフトウェアによってユーザインターフェースへの表示とインプット情報を処理し、遠隔のファクシミリマシンをコマンドの送信によって動作させ、一定のプロトコルを経て送受信するもので、画像精細度を高め、かつ送信速度を速めるため、このデジタル画像の情報量を小さくする工夫として画像圧縮伸長技術が研究開発され発展した。例として、MH (モディファイドハフマン符号化) や MR (モディファイドリード符号化) があるが、これらは白黒ドキュメント画像をデジタル分解した際に、大量に発生する白い点をそのまま積み重ねて送信するのではなく、「白い点はいくつある」という言語情報に変換することによって情報量を圧縮する手法であり、白黒画像のファクシミリに応用された。この技術は、その後 3 原色に展開されてカラー静止画、それらを

複数フレームにした動画に応用され、新しい要素を付加しつつも情報量の圧縮に活用されていった。

加えて、ファクシミリが大きな市場を形成しつつあったため、先進国が積極的に集まり、CCITT⁷において標準化活動が活発に実施された。日本からも多くの技術者が参加し、画像のフォーマット標準化、符号化復号化の標準化、プロトコルの標準化などの組織活動と、国際間の進め方のプロセスなど、技術的共通点と活動プロセスの共通点が多くあることから、動画の標準化へと引き継がれて展開された。さらにはそれに音声を加えたコミュニケーションメディアの標準化の議論が始まった。

結果として1990年前後には、CCITTを吸収合併したITU⁸から動画と音声の標準化勧告がなされ、画像圧縮等のH261⁹、画像・音声・データの多重化通信等のH221¹⁰等が制定され、これら遠隔会議に関連する技術的動向が、NCのサービスとして遠隔会議支援メディアの提供の立ち上がりをスタートさせる素地を形成していった。

これらの技術的な変化の一方で、1980年代においては、遠隔会議を取り巻く社会的変化があった。

当時、日本の産業は自動車・家電製品等における世界的ポジションが急激に上昇し、また日本の経常収支も1000億ドル近くの黒字となっていた。それによって輸出産業が発展し、グローバルなコミュニケーションが活発になってきた。そのため、海外との人の往来も増加の一途を示していた。

しかしこの時期には、海外出張の必要性が大きく増大している状況に反して、日航機羽田沖墜落事故、大韓航空機撃墜事件、日航ジャンボ機墜落事故があり、さらには湾岸戦争、フィリピンピナツボ火山の噴火、バングラデシュのサイクロンによる死者12万人以上などの事件・事故から、海外渡航にリスクがあるとの認識が日本企業にも出始めたことや、渡航そのものも一部の地域で一時期制限されるようなことが発生した。このような状況下で、遠隔での会議を支援するツールへのニーズは増加しつつあった。

これらの技術動向と社会状況の中で、1990年代初頭に一定のコストの範囲で可能と

⁷ CCITT : International Telephone and Telegraph Consultative Committee の略で、ファクシミリの標準化を中心に実施していた国際機関

⁸ ITU : International Telecommunication Union の略で、国際連合の下部に組織された ILO や IMF と並ぶ専門機関で、無線通信と電気通信分野において各国間の標準化と規制を確立することを目的としている。1992年12月までは ITU と CCITT は、それぞれ別に通信関連標準を制定していたが、ITU の組織改革を受けて合併し CCITT は ITU 内部に引き継がれた。

⁹ H261 : 1990年に国連の通信関連の国際標準化機関 CCITT・ITU で勧告された動画の圧縮伸張方式。異機種間での TV 会議の動画の相互通信が実現され、現在でも多用されている。

¹⁰ H221 : H261 とほぼ同時に勧告されたメディア多重化と通信の標準で、ビットごとに多重化対象メディアが設定可能（パケットごとではないため遅延が少ない）

なった遠隔会議のシーズと、高額な海外への出張の代替ニーズとが同時期に発生していたと考えることができる。またコスト面においては、1990 年前後になると遠隔会議の端末価格は、それまでの数千万円～数億円程度だった状況から、1000 万円前後にまで低下しており、海外出張が北米の場合 1 人 1 回について数十万円程度のコストが必要となるのは通常だったことから、時間短縮やリスク回避を考慮すると、十分に効果が見込める範囲となっていた。

すなわち 1990 年前後において、NC による遠隔会議支援サービスは、その他の NC のサービス分野（アプリケーションソフトウェアのサービス、遠隔でのシステム制御、通信上で提供するエンターテインメント等のコンテンツ提供、SNS）とは異なる大きな変化が発生し、NC の黎明期に早期に普及する可能性が出てきた。

3.2 NC のサービスにおける課題と対応方法

1990 年前後に NC のサービスの黎明期に立ちあがった遠隔会議における問題についての対応方法について述べる。

3.2.1 NC のサービスにおける課題

これまでに、1990 年前後の NC の黎明期におけるコンピュータと通信の技術の進展と、海外出張増加等の社会的背景から、NC のサービスにおいて遠隔会議の普及が始まったことについて述べた。

前述のとおり、そこには 2 つの課題があった。

◆第一の課題

遠隔会議で提供するメディアについて動画と音声に偏重し、本来会議に必要なメディアである資料提示と手書きのメディアの提供がなされていなかった。

◆第二の課題

片側が複数人数の場合における、手書きメディアの提供のためのデバイスがなかった。

そこでまず、第一の課題への対応では、単純に動画/音声に加え、資料提示/手書きのメディアを追加して 4 つのメディアを扱い、そのためのハードウェアを配備して、かつソフトウェアを個々に用意するような方法では、利用者にとって極めて複雑な操作でかつ煩雑な準備作業を伴うこととなる。それは、現実的ではないと考え、さらには資料提示と手書きメディアを別々の通信で送受信することも、通信ユニットが合わせて必要となり、さらに複雑になると考えられた。

また、第二の課題については、複数人数の遠隔会議において、資料提示は大型ディスプレイがこの時期に数多く出現してきていたことからハードウェアを選択して採用するだけで良かったが、手書きメディアを実現するための適切な大型タッチパネルがなかったため、新規に技術開発が必要と考えられた。

そこで、それぞれについて下記のような検討を実施し、これらの課題への対応を実施することとした。

3.2.2 資料提示と手書きメディアの提供

前述した第一の課題である、動画音声に加えて資料提示と手書きメディアを構成するには、4つのメディアを提供することとなるが、それにはいくつかの二次的な問題を伴うため、それらについて述べる。

◆会議システムの非習熟性

遠隔会議は、毎日パソコンのように利用するものではなく、また共用ツールであることから利用する頻度と時間が限られ、複雑な操作などに習熟できない。4つのメディアを搭載した遠隔会議システムは、動画と音声だけの場合よりも複雑になることは否めないため、単にメディアごとのハードウェアを単に接続しただけでは、装置の準備や操作が煩雑になることは容易に想像できる。

◆通信の多重化の工夫

4つのメディアをNCで扱うためには多重化装置が必要となるが、1990年前後の当時は、一般に多重化装置が市販されている状況ではなく、ハード/ソフトの開発が必要となった。しかし、遠隔会議システムは当初から数十万台のロットが期待できないため（今回の開発は年間1000台生産）コストを配慮すると、開発上の工夫が必要となる。

これらの二次的な問題に対応するため、下記のような検討を実施した。

① ハードウェアの統合化

4つのメディアに対応するハードウェア群は、それぞれを組み合わせ一部統合化が可能となる。適切な統合化が実現できれば、遠隔会議の準備や操作環境を単純化することが可能となるため、どのように組み合わせるべきかについて検討した。

表3-2に示すように、メディアごとのハードウェアは6種類あり、それらの制御と通信で4種類、合計10種類のハードウェアとなる。これらのいくつかを統合化し、組み合わせでシンプル化をはかることを検討した。

まず、動画ディスプレイと音声スピーカは、市販のTVモニターが一体となっており非常に低コストなため、Aユニットとする。なお、それ以外のユニットをAユニットに統合することは、開発効率が悪いと、表3-2の組み合わせでの1と2は検討から外した。また、カメラ・マイクは、設置位置が特定されることから、単独でBおよびCユニットとして独立させた。よって組み合わせ3、4、5の選択となった。

次に、会議参加者が手元で操作するのは、手書きとスキャナ読み取りであることから、高精細表示ユニットと合わせて統合化して D ユニットとし、組み合わせ 4 を排除し、3 もしくは 5 の選択となった。

また、ユニットの大きさとして制御通信関連ユニットは、当時の技術としては一定の大きさとなることから、机の上に設置する手書き・資料表示・スキャナのユニットと統合化することは無理があるため、5 を排除し、最適案を 3 とした。

これらの検討によって、ユニットの組み合わせとして後述する図 3-2 のような構成とした。

表 3-2：遠隔会議ユニットの統合化パターン

		1	2	3	4	5
動画メディア	動画ディスプレイ	A	A	A	A	A
	稼働型カメラ	B	B	B	B	B
音声メディア	音声スピーカ	A	A	A	A	A
	音声マイク	C	C	C	C	C
資料提示 +手書きメディア	高精細資料表示 +タッチパネル	A	A	D	D	E
資料提示メディア	スキャナ	A	A	D	E	E
制御・通信	通信装置	A	D	E	E	E
	メディア多重装置	A	D	E	E	E
	記録メディアデバイス	A	D	E	D	E
	全体制御とCPU	A	D	E	D	E

最適案

② 操作の一元化

上記のハードウェアの統合化をはかるだけではなく、ソフトウェアの操作もシンプル化を図ることを検討した。

ソフトウェアによる操作を必要とするユニットは、

- ◆カメラユニット（相手側と自分側カメラのパンチルトとズーム操作）
- ◆手書き・資料提示ユニット（手書きとページめくり、資料保管検索等）
- ◆本体（ダイヤル発呼、手書き、資料読み取り、記録保管の操作等）

である。しかし、これらのハードユニットごとに操作パネルやユーザインターフェースを配備して操作をすることは、コストが上昇し、習熟しない遠隔会議では、操作方法を覚えることは利用にとって負担となる。

そこで、このすべての操作を資料表示画面と同一画面上での GUI によるアイコンタッチにより実現することとした。

声を選択

- ◆第二領域：ビデオで QCIF/CIF を選択（CIF=352×288PIC、QCIF はその4分の1）
- ◆第三領域：データ（端末設計上で自由に設定）
- ◆第四領域：制御情報

これらの領域の中で、第一領域の音声、第二領域の動画、及び第四の制御情報は、コンテンツが明確に提示され、符号化復号化方法も標準化作業が進んでいた。しかし、第三の「データ」の領域は、情報全体のフレームは標準化されていたものの、その中のフォーマットやコンテンツは自由なものと定義されていた。この第三領域は異機種間での接続はできず、同一機種間でのみ情報交換が可能となる。なお、第三領域が交信できない端末でも、動画と音声が標準対応であれば、プロトコルのヘッダーで認識して、動画と音声のみの交信は可能と考えられた。

そこで、スキャナ読み取り画像・手書き軌跡画像をこの第三の領域に組み込むこととし、それによって、表 3-3 のように4つのメディアを送受信するプロトコルを構成することとした。

表 3-3：遠隔会議の4つのメディア構成

領域	メディア	情報フォーマット	多重化標準
第一の領域	音声	G722	H221
第二の領域	動画	H261	
第三の領域	スキャナ取り込み画像	独自	
	手書き軌跡画像	独自	
第四の領域	制御	H221	

表 3-3 に示すように、メディア多重については標準 H221 にて構成し、動画メディアの符号化復号化（および情報圧縮伸長）の標準は H261、オーディオは G722（のちに G723 に改訂）を活用してインプリメントすることとした。今回の開発の特徴である資料提示と手書き画像（軌跡画像）は、H221 の第三領域に組み込み、このメディアの情報処理は新規に開発した。

これによって、アルゴリズムやソフトウェア開発について、多重化と制御、動画符号化と音声符号化の方式とプロトコルは、世界標準が公開されているので開発の必要がなく、スキャナ読み取り画像と手書き軌跡画像についてのみ開発することで、少ない開発作業にすることができた。

さらに、H221 多重化の具体的なインプリメンテーションの方法について検討した。これには2つの方法があった。標準があるため、アルゴリズム等の開発は

不要だが、具体的なソフトとハードが出始めるには時間を要するため、早期に商品化するためにはそれらの開発が必要となる。

◆第一の方法

アルゴリズムと情報処理手順をソフトウェアで実現し、CPU で動作させる方法

◆第二の方法

アルゴリズムと情報処理手順をハードウェアで実現し、CPU は全体の制御を中心とする方法

第一の方法は、メンテナンス（アルゴリズムの改定やバグなどへの対応）が簡単であるというメリットはあるが、当時の CPU は多重化を直接処理するには、処理速度が十分ではなかった。

第二の方法は、コストさえ高くなければ、選択可能となる。しかしこの方法では、論理回路を PCB で組むと大規模なものとなり、コストを抑えることは難しいと考えられた。そこで、1990 年当時においてファクシミリによって量産され、対応のための設備と体制が整備されていた DSP を活用することとした。DSP は、アルゴリズムや情報処理をソフトではなく半導体チップ上に印刷して組み込む集積回路であり、処理方法やアルゴリズムがすでに判明しており資料が準備されていれば開発投資が少なく、また単純な繰り返し処理には高速なことから、本システムの多重化用には適したものと考えられた。

そこで第二の方法により、なおかつ DSP を活用する方法を採用した。2014 年現在では多重化機能は DSP に組み込むことが一般化しているが、1990 年前後には、まだ手書き・スキャナ読み取り画像を含めた H221 対応の多重化 DSP のワンチップ化による商品は存在していなかった。

これらのことにより、下記のように開発することとした。

◆標準部分（H221 多重化全体と動画・音声の取り扱い手順）

⇒標準をそのまま DSP 仕様に反映

◆標準に設定されていない部分（資料提示と手書きメディアの多重化と情報処理方法）

⇒個別開発し、詳細設計仕様を作成して、DSP 仕様に反映

これらによって、少ない開発作業で、かつワンチップ化して装置も単純化することができた。

④ 資料表示の一覧性と画面回転

遠隔会議の最中における資料閲覧は、相手の表情を見たり、相手の話を聞きながら実施されるため、資料表示において表示しきれない部分をスクロールして見るような状況は、人間が複数のことを同時に認識しながらの作業となり、煩わしいことは明らかである。よって、遠隔会議においても縦と横の資料が、スクロールなしで一覧できることが必要と考えた。

しかしその際に、縦横資料の両方の一覧対応と、一定の文字を視認できる精細度、さらには物理的な画面の大きさを配慮すると2つの方法が考えられた。

- ◆より大きなディスプレイを採用し、そのハードウェア画面の中で資料の縦横表示をする。
- ◆ディスプレイハードウェアを縦横 90 度の回転を可能とし、表示コンテンツもソフトウェアで自動追従させて回転させる。

この中で、1990 年当時のディスプレイユニットのコストと、会議室における設置スペースを配慮して、後者のディスプレイハードの縦横回転およびソフトウェアによるコンテンツの追従回転による方法を採用することとした。

2014 年現在のタブレット商品では一般化しているが、1990 年前後の遠隔会議システムでの資料提示装置で画面回転とコンテンツ追従回転は他に例がなく、また画面回転型のタブレット商品も販売されていなかった。

⑤ 各メディアの一括電子ファイル

会議中に資料を検索するために、異なるハードウェアと操作インターフェースがあると煩わしいことから、資料画像・手書き画像・ファクシミリ受信画像・カラー静止画を一括保管するファイルシステムとした。

特に本装置の専用スキャナのみからの資料入力だけではなく、本装置が設置されている会議室の外からから、当時普及していたファクシミリで資料を本装置に送って自動保管し、会議の際に他の資料と同じファイルシステムが表示され、その中から選んで利用する環境とした。これも上記④と同様に、会議の最中に人間が認知する必要のあるプロセスを削減し、一つのファイル一覧画面から会議に利用する資料を選び出すことができるようにした工夫である。

3.2.3 複数人数での資料表示と手書きメディアへの対応

(1) 対応方法とタッチパネルへの要求要件

前述のように、遠隔会議では片側が複数人数となる場合は少なくない。その場合に、手書きと資料提示について2つの対応方法が考えられた。

◆前述の一人用のタブレットによる資料提示および手書きタッチパネル装置を人数分用意して、全員が資料閲覧と手書き入力ができるようにする方法

◆大画面表示装置に大型タッチパネルを装着し、電子手書きが可能な電子黒板とし、画面は全員で見て、手書きをする人は立って盤面に向かう環境とする方法

この2つの方法において、前者は2つの問題があった。1つは、そもそも人数が特定しにくいことから、接続台数の予想が難しいこと、2つ目は、複数台数を会議室の机の上に並べると煩雑になり、遠隔会議を実施しない場合に通常の会議室として使いにくいことである。

よって、複数人数の対応は、大画面表示ディスプレイとそれに装着したタッチパネルにより、電子手書きの可能な電子黒板を開発することとした。

概略としての方針は下記のようなものとした。

- ① 大画面用のタッチパネルとして、前述した従来の技術の課題のすべてをクリアする新型タッチパネルとする（コスト・透明性・電池不要のタッチ方式・良好なタッチ感・重量・精細度・耐久性）。
- ② 遠隔会議における、動画・資料の表示ディスプレイ、および手書き白板として利用するだけでなく、会議室の利用効率とスペース効率を上げるため、通常の室内会議における電子黒板としての利用も可能とする。

(2) 新型タッチパネル技術の検討

上記①およびサーベイで述べた大型タッチパネルに求められる要件は、

◆コスト：数万円以下

◆透明性：画面の画質を損なわないほぼ100%に近い透明度

◆タッチペン：電池の不要なタッチペンもしくは指による検知

◆タッチ感：一定のディップ感（へこみ感）を持たせることが可能なこと（固す

ぎないこと)

- ◆重量：オフィス内での移動が困難ではないこと（おおよそ数 Kg 以下）
- ◆精細度：黒板として手書きするために、違和感のない一定の精細度（1～2mm 程度）
- ◆耐久性：通常の耐久消費材（7 年×365 日×5 時間程度の使用に耐えること）

とした。

しかし、表 3-4 に示すとおり、1990 年当時のタッチパネル技術の感圧抵抗膜方式、光アレイ方式、静電容量方式、超音波弾性波方式では、これらの要件のいずれかにおいて不満足な状況があった。

表 3-4：タッチパネル技術の要求要件への対応

		感圧抵抗膜	光アレイ	静電容量方式	超音波表面弾性波
1	大画面でのコスト	×	×	×	×
2	透明性	△	○	○	○
3	特殊ペンなしの操作	○	○	△	△
4	タッチ感	×	○	○	○
5	大画面での重量	○	×	×	×
6	精細度(1～2ミリ以下)	×	×	×	△
7	耐久性	×	○	○	○

これらの技術を分析すると、感圧抵抗膜は、耐久性や大画面にしたときのコストからそもそも電子黒板には向かない技術と考えられ、静電容量と超音波弾性波を活用した方式は、コスト低減と軽量化の見込みがなかった。

しかし、光アレイ方式のコスト、重量、精細度については、非常に多くの発光ダイオードと受光側の CCD を並べる方式であることから発生する問題であり、この問題を何らかの工夫によって解決すれば、光を活用することによって、透明性・特殊ペンなし・タッチ感・重量・耐久性には有利な面が多くあった。

そこで光を活用した別の技術開発を検討することとした。

3.3 遠隔会議支援システムの開発

前節で述べた要求要件に対応し、NC の黎明期において立ち上がった遠隔会議メディアの提供のために、動画/音声に資料提示/手書きメディアを加えた、一人用の遠隔会議（打ち合わせ）システムを開発し、1995 年に発売した。商品名は RISSCUSSION-120VG とした。

3.3.1 背景とシステムの概略

（１）背景と取り巻く環境

前述のとおり 1990 年前後の ITU 標準において H261、H221 によって、遠隔会議の画像圧縮伸長・多重化プロトコル等の国際標準が勧告・整備され、90 年代前半には異なる遠隔会議サービスでも相互通信が可能となった。それにより量産効果によってチップセット/装置/アルゴリズム/ソフトウェア等も急激に低コスト化し、かつ品質も向上し、開発しやすい環境が整ってきた。

また、これらのことは、前述の資料提示サービス機能を付加するコストの余裕が発生することとなり、遠隔会議のメディアの問題の解決、すなわち動画/音声に加えて資料提示や手書き機能を追加するチャンスとなることが予見された。

1990 年当時の PC、ファクシミリが 100 万円前後であったことを考慮すると、さらにそれらが低価格化する過程で、資料提示・手書き付きの遠隔会議システムで必要となる LSI やスキャナの CCD などがファクシミリやその他の電子機器で汎用的に生産されていたものもあり、1995 年前後には 200 万円代での実現は難しくない状況となった。

そこで、下記のような動画音声に加えて、資料・手書きメディアが利用できる遠隔会議サービス支援システムを開発し、商品化した。

（２）システムの概略

前述の開発方針に沿って、動画音声に加えて資料提示と手書きメディアを装備した遠隔会議システムについて 1990 年初頭から研究/開発を始め、1995 年に発売した、RISSCUSSION（リスカッション）120VG について、システムの概略を下記に示す。

図 3-2 に示すように、RISSCUSSION 120VG は、本体ユニット、可動式カメラユニット、タブレットユニット（タッチパネル付き液晶ディスプレイとスキャナを内蔵）の

3つのハードウェアから構成され、動画や写真用として市販のテレビを接続して利用する。なお、本体に本システム全体を操作するソフトウェアを内蔵し、そのほとんどの操作をタブレット上にアイコン表示して、それをタッチパネル上からクリックすることによって動作させる。

これらにより、カメラによって参加人物の表情を撮影し、音声とともに双方向の遠隔会議を実現するが、同時に同一回線上で会議資料を共有し、液晶ディスプレイに表示してその画面上からタッチパネルによって手書きを可能とする。

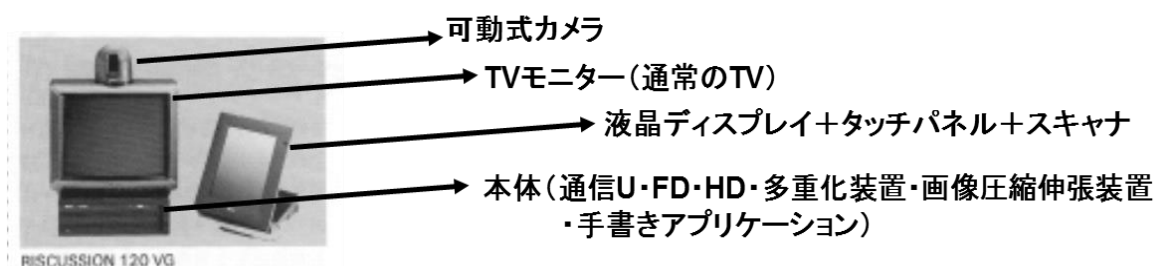


図 3-2 : RISCUSION 120VG

3.3.2 システムの開発と機能/仕様

遠隔会議メディアの問題である、資料提示と手書きを加えたメディア支援が可能となるシステムとして、下記のような機能/仕様を搭載し開発した。

(1) タブレットの機能/仕様

手書きと資料提示を下記のような機能/仕様で実現した。

- ◆タッチパネル付き液晶ディスプレイを装備し、シートスキャナを内蔵
- ◆各機能のアイコンを画面に表示し、画面タッチにより操作可能
- ◆画面上からの番号入力発呼と、電話帳を呼び出し、ワンタッチ発呼による接続が可能
- ◆電話帳の入力、保管、編集が可能
- ◆手元側と相手側のカメラ操作（パン/チルト）が可能
- ◆スキャナからの紙資料の白黒での読み取りと保管（GIF形式）、ファイル名の付与・編集・消去、相手側への送信・自動表示、G3ファクシミリへの送信が可能

- ◆保管済みの会議白黒資料の検索・表示・相手側への送信、及び G3 ファクシミリへの送信が可能
- ◆G3 ファクシミリ受信画像自動保管が可能
- ◆白紙への白黒手書き機能と表示資料への上書き、及びポインティングが可能
- ◆手書きの軌跡画像表示と資料上のポインティングは、ほぼリアルタイムに相手側に表示
- ◆カメラで撮影したカラー映像を JPEG 静止画像に変換し、上記の資料とともに保管・ファイル名付与・編集・消去、検索、相手側への送信が可能
- ◆白黒資料表示は 200dpi、ほぼ A4 等倍フル表示、これにより A4 スクロールなしで難表示基準文字の「轟」が画面上で判読可能
- ◆液晶表示画面はハードウェアとして 90 度回転し、A4 資料を縦横でフル表示、ハードウェア回転時は画面も自動追従して回転

(2) 本体の機能/仕様

上記の資料提示と手書きメディアの提供を実現するために、本体機能として下記のような機能/仕様を実現した。

- ◆図 3-3 に示す、接続する周辺機器からのメディア取り込み
 - ・カメラ（付属の稼働式カメラと市販の外部接続カメラ）からカラー動画/静止画のメディア
 - ・タブレットからの白黒資料画像と手書き軌跡画像、ポインティング画像のメディア
 - ・マイクからの音声メディア
- ◆同様に図 3-3 に示す、接続する周辺機器へのメディア出力
 - ・市販 TV モニターへの動画と音声メディアの表示/再生
 - ・タブレットへの白黒画像と手書き軌跡画像、ポインティング画像メディアの表示
- ◆各メディアの符号化・復号化と情報圧縮伸長機能（H261・G722）
- ◆白黒資料画像、手書き画像、カラー静止画像、ファクシミリ受信画像の保管機能（FD・HD）
- ◆ISDN 通信機能（128Kbps：64Kbps バルク通信）
- ◆DSP ワンチップによる各メディアの H221 標準対応の多重化機能(図 3-4)

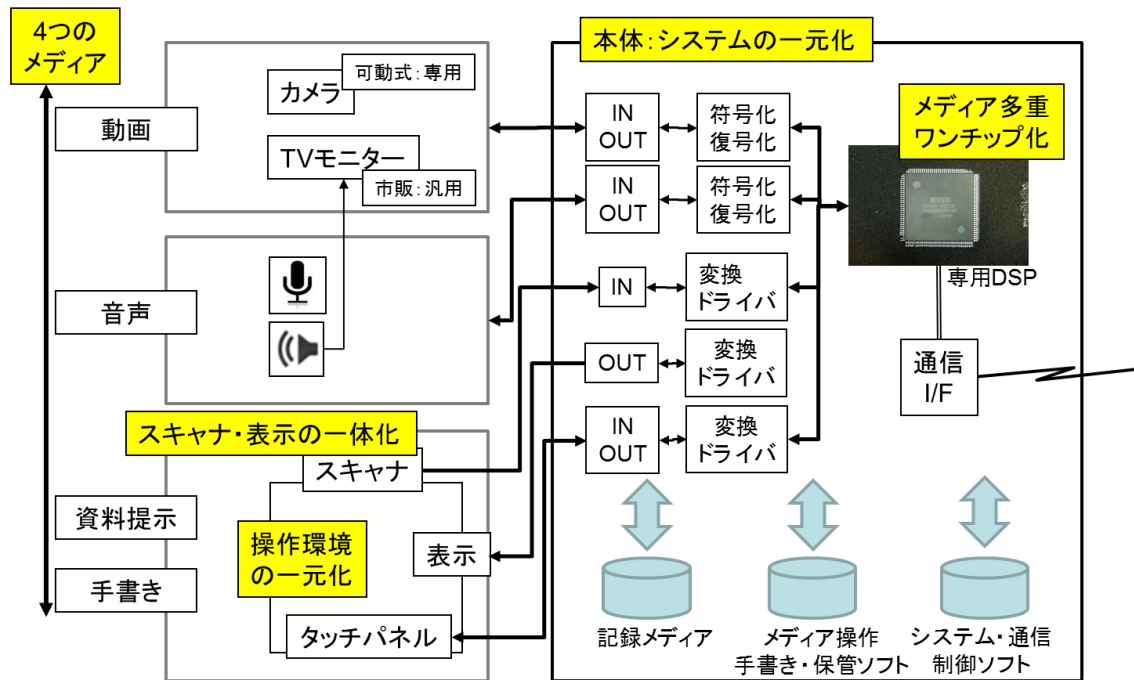


図 3-3 : 4つのメディアを提供する遠隔会議システム

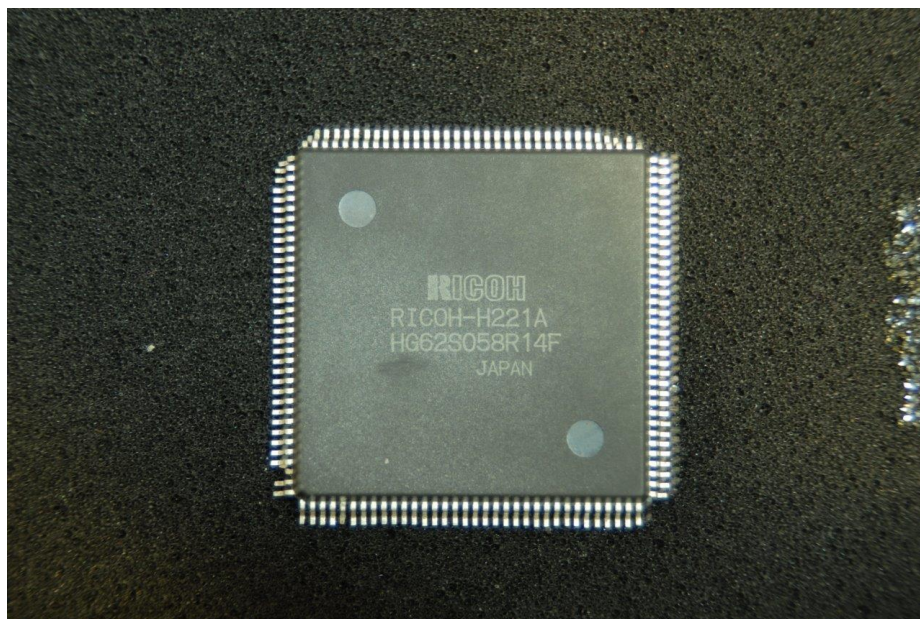


図 3-4 : H221 対応多重化 DSP

注) システムを構成するカメラユニットとマイクの記述は、本論文において重要ではないので記述を省く。

(3) 開発体制

上記の開発のため、下記の体制にて実施した。

筆者は、本プロジェクトの発案および、事業提案、技術/標準動向調査、ハードウェア仕様、ソフトウェア構成の作成を担当した。

なお、この時期に TTC 委員として活動し、関連の情報収集にあたった。

- ① 商品提案：企画室（筆者が直接担当）
- ② 企画仕様の作成：企画室（筆者が直接担当）
- ③ 詳細図面フロー作成・部材発注：通信システム事業部設計部
- ④ 生産設計：生産担当関連会社（リコーエレメックス）
- ⑤ 生産：生産担当関連会社（リコーエレメックス）

3.3.3 評価

1990 年前後の NC のサービスの黎明期における重要なサービスとして遠隔会議が立ち上がりつつあったが、動画と音声メディアに偏重していたという問題があり、NC の普及実現に障害となる恐れがあった。

それへの対応のためには、動画・音声に資料提示・手書きを加えて、4つのメディアを複合化することとなるが、その結果複雑な装置となり、その準備と操作が利用者にとって煩雑なものとなることから、メディアの利用に障害となる例も関連研究において見られた。そこで、RISCUSSION 120VG の開発においては、下記のような工夫によって効果的な解決策を与えることとした。

◆ 4つのメディアを実現するハードウェアとソフトウェアを統合化し、かつスイッチオンですべてが立ち上がるシステムとすることで、利用者にとってツールとしての単純化を実現した。

◆ 多重化のための標準アルゴリズムである H221 の自由領域を活用して手書きと資料提示を組み込み、なおかつそれらを DSP にワンチップ化した。

これらの工夫により、それまでの動画音声による遠隔会議システムや「MERMAID」のように、必要なメディアを実現するハードとソフトを単純に組み合わせただけでは実

現が難しかった本来の4つの会議メディアについて、利用者が取り扱いやすい環境で提供することができた。

なお、H221をワンチップ化したDSPは、現在では一般に量産されて調達が可能となっているが、当時は世の中に調達できる形態では存在していなかった。

それらの工夫と開発によって、手書きと資料提示を備えた遠隔会議として新しい領域を形成し、NCのサービスの重要な分野として遠隔会議における適切なメディア提供が可能となり、1990年代におけるNCのサービスの普及実現に貢献することができた。

本システムは、1995年に世界初の、動画音声に加えて資料提示と手書き機能を装備した遠隔会議システムとして1000台前後が販売された。

図3-5に、テレコミュニケーション誌に世界初の遠隔会議装置として掲載された記事を転載する。

テレコミュニケーション誌1995年8月号

◆見出し:リコーが文書機能搭載のテレビ会議



RISCUSSION 120 VG

リコーは7月にも、初の自社開発テレビ会議システム「RISCUSSION 120VG」を発売する。動画、音声に加え、電子ファイルやファクシミリ、テレライティングなどの資料を扱えるドキュメント(文書)機能を世界で初めて融合しているのが特徴だ。

「従来の動画、音声だけのテレビ会議ではうまく会議ができなかったのではないか。書類を多用する日本の会議では、ドキュメント機能が不可欠。新製品は初の実用型マルチメディアテレビ会議だと自負しています。」とシステム販売事業部・MC販売推進部、津田邦和課長代理は述べている。

オフィス用マルチメディアの将来性について調査してきたリコーでは、生産活動やビジネス内容が高度化・グローバル化する中で、販売需要が急激に伸びているテレビ会議に注目してきた。画像処理・画像圧縮、ISDN通信、メディア多重化など同社がファクシミリ開発で培ってきた技術をそのまま応用できるのも理由だという。

「120VG」の電子ファイル機能としては、パソコンでは白黒で100枚程度しか入力できない静止画をカラーでハードディスクに620枚、フロッピーディスクに30枚入力できる。

ファクシミリ機能は、会議のないときもG4、G3としての使用が可能。そのほか、専用のLCD(液晶表示装置)上の文書を電子ペンで書いたり消したりし相互に通信できるテレライティング機能や、電話機能、料金情報出力機能などを搭載している。複合タイプでありながら、低コストで実現した。

価格は300万円以下を予定。そのほか200万以下のドキュメント機能のないタイプ「120V」も同時発売する。製造業など資料を多用するユーザーや買い替え需要を対象に、年間1000台の販売を見込む。会議での使いやすさに注目したリコーのテレビ会議が市場にどう受けとめられるのか注目を集めそうだ。

図 3-5 : テレコミュニケーション誌掲載記事

3.4 複数人数の遠隔会議への対応

これまで述べたように、4つのメディアを提供する遠隔会議は実現できたが、一つの問題が残された。RISCUSSIN 120VG では、片側が複数人数の場合に対応するためには、タブレットスキャナユニットをシーケンシャルに複数台接続する必要があった。ところが一般の会議室は遠隔会議専用である場合は少なく、通常の室内会議に利用する頻度が高いため、会議室の机の上に複数台数のタブレットスキャナユニットを設置することは煩雑であること、また室内会議に利用する際に、それら複数台数のタブレットスキャナユニットを片付けることに手間がかかってしまうこととなる。

そこで、別の対策として大画面ディスプレイにタッチパネルを貼った複数人数用の手書き電子黒板を遠隔会議に活用する必要があった。

3.4.1 背景と取り巻く環境

(1) 遠隔会議におけるタッチパネル付き電子黒板の活用

前述の遠隔会議支援メディアのサービスにおける資料表示・手書き機能を支援する端末は、1人1台の利用を前提としており、複数人数の参加による会議の際には、複数台数をシーケンシャルに接続して利用することとなる。

しかし、遠隔会議が頻繁に実施されない環境では、それらの複数の端末が設置される会議室は、通常の室内会議に利用している頻度の方が高い場合が多い。その場合は、それら複数台数の資料表示・手書き端末の片付けと再設置によって、煩雑な作業が発生することとなる。

そこで、遠隔会議においても、通常室内会議でも利用が可能となる、複数人数での資料表示と手書き機能を利用する環境を検討する必要性が発生してきた。

従来から、室内での複数人数の会議においては、討議・意見交換から様々な情報が発生することから、黒板に手書きで文字や絵などを描いて認識共有することは、100年以上の歴史がある。また、それらの画像をデジタル化して読み取り、プリントして共有する「電子白板」と呼ばれる商品が多く会議室に普及していることは周知の事実である。それと並行して、1990年代中ごろから、資料をプロジェクタに投影する方法が一般に利用されるようになっていた。

そこで、この室内会議で従来から利用されている「電子白板」と「プロジェクタ」の2つの機能を一体化し、大画面タッチパネルによって手書き等の機能、画像の保管・共有機能等を付加して、遠隔会議の手書き機能とすることを検討した。

ただし、遠隔会議における複数人数による手書きニーズには、話し手がタッチパネル付き電子黒板の画面で資料コンテンツと相手の顔の両方を見ている位置から、離席してボードの板面に歩み寄って手書きをする必要があり、その時にカメラの撮影視野から話し手が外れるなど、若干不便ではあるが、会議室の利用頻度が圧倒的に室内会議が多いことや、会議における黒板利用は長い歴史を経た習慣になっていることから、それらの若干の不便を割り切り、遠隔会議と室内会議の両方に利用可能であるメリットを優先させた。

(2) 1995 年前後からの会議資料の変革

1990 年前半に研究を始め、1995 年に商品化した前述の遠隔会議支援システム RISSCUSSION においては、A4 サイズの手書き機能付き液晶タブレットを利用し、片側一人を想定して「紙による文書資料」を使いながらそれを凝視するスタイルで、かつ細かい文字表示を前提としていた。

しかし、1995 年以降になり、欧米スタイルのプレゼンテーション資料（文字が大きく、絵やグラフが張り付けられている）を大画面に投影して会議を実施するスタイルが急激に普及を始めた。背景は、Windows95/98 の爆発的普及¹¹によって、それとともに販売されたアプリケーションソフトウェアであるマイクロソフトパワーポイント（以下 MS-PPT と呼ぶ）が広く利用されたこと、それまで一部（講演会・学会発表）に利用されていた OHP がその下支えとなる市場を構築しており MS-PPT によって、その資料のデザイン・品位が格段に上がったこと、同時に PC が爆発的に普及し、かつインターネットが普及したこと、コンテンツの保管・検索・再利用・他人への転送などの利便性が良くなったことがあった。

それによって、RISSCUSSION で具現化した細かい文字による資料だけではなく、MS-PPT を活用して絵や図を多用したコンテンツを大きな画面に投影してコミュニケーションを実施する会議スタイルも通常化し、資料を活用する様式は2つに分かれてきた。

なお、ここで資料を表示する大画面は、遠隔会議の際には相手の顔を写し出す画面としても利用され、ピクチャーインピクチャーと呼ばれる親子画面に、どちらかの画面を切り替えて表示する方法がとられた。

これらのことから、タッチパネル付き電子黒板を複数人数用の遠隔会議の手書きメディア、および資料提示メディアとして活用することが有効と考えられた。

¹¹ Windows95 は、コンピュータの歴史上はじめて、発売時に販売店の前に列ができる状況が発生し、PC の急激な普及の先駆けとなった。それとともにプレゼンテーション資料作成アプリであるパワーポイントも爆発的に普及した。

3.4.2 新型タッチパネルの開発と特許出願

(1) 光うす膜遮断検知技術の開発

前述のタッチパネル技術の問題に対応するため、「光うす膜遮断検知技術」によるタッチパネルを開発した（出願・公開・特許化により世界初の発明であることが証明された）。

概略としての方式は、図 3-6 に示すとおり、LED により、盤面の底辺の両端 2 ヶ所からの光を扇方のうす膜状に投射するためのレンズを装備し、その光うす膜をタッチパネル付き電子黒板の盤面上の 3 辺（左右と上もしくは下）に再帰光板テープ¹²で反射し、その反射光を同じ両端 2 個の CCD で受光して電子的に認識する。その反射光を、タッチパネル付き電子黒板の盤面上で指もしくはペンなど、不透明なもので遮断すると、遮断した光の一部が到達しないことから、CCD 上で位置を電子的に認識することが可能となる。それによって、光が遮断された方向の角度を検知して、2 つの CCD 間の距離との関数、すなわち三角測量の方法により光を遮断した位置座標（指等のポインティング位置）を特定することが可能となる。

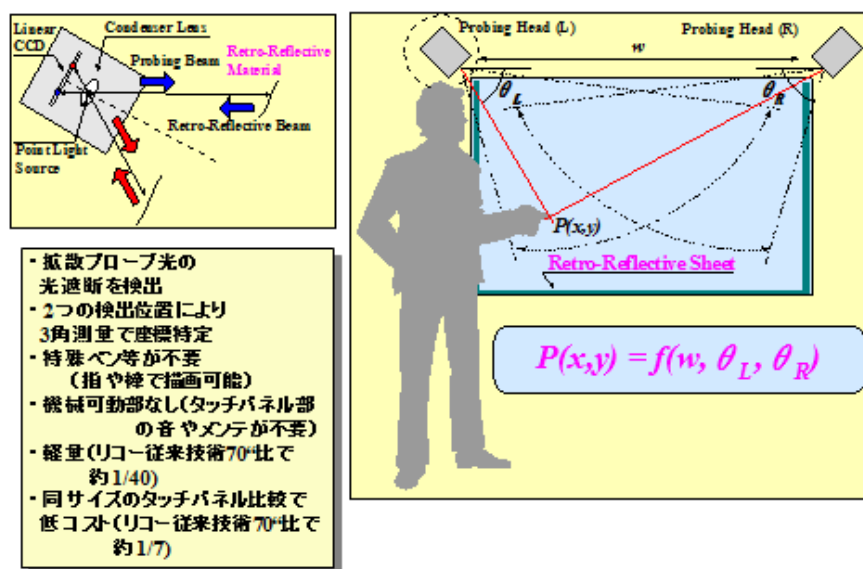


図 3-6：光うす膜遮断検知技術

¹² 再帰光反射板：しばしば自動車や自転車の後尾に利用されている放物線状の光反射板。差し込んだ光を同一方向に反射する特性をもち、今回採用されているテープには非常に細かい再帰光反射板が多数取り付けられている。

(2) 光うす膜遮断検知技術の主要部分（光学ユニット）の構成

以下に、光うす膜遮断検知技術の主要要素である、光学ユニットの構成について述べる。光うす膜遮断検知技術は、この光学ユニットの工夫によって、極めて低コストかつ良い性能を実現した。

図 3-7 は光学ユニット内部構造を示す縦断正面図（手書き盤面の水平方向から見た図）、図 3-8 はその底面図（正面から見た図）である。

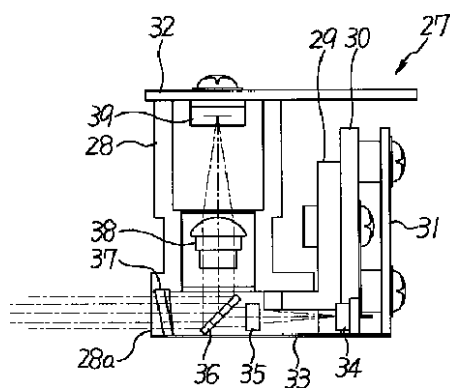


図 3-7：光学ユニット縦断正面図

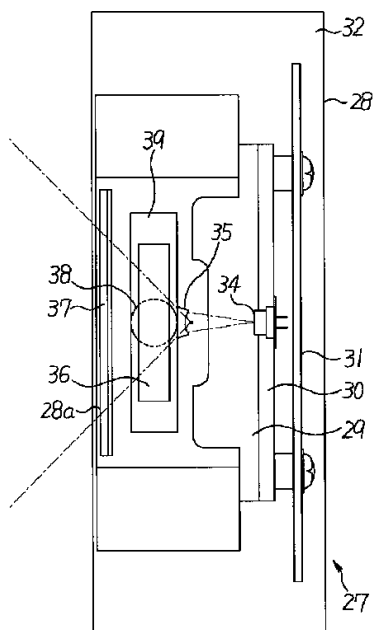


図 3-8：光学ユニット底面図

また、図 3-7 及び図 3-8 に示ように、光学ユニットは LED 光源を 34 で示し、拡散レンズは 35、ハーフミラーは 36、読取レンズは 38、受光素子（ラインセンサー）は 39 で示されている（以下番号は、筆者による特許申請資料原文による）。

光源 34 から出射された光は拡散レンズ 35 により手書き盤面に対して平行に、かつ、扇形状（90 度）に拡散され、うす膜上の光となり、ハーフミラー 36 に入射する。入射した光は、ハーフミラー 36 を透過し、手書き盤面上を通過、再帰性反射部材に達する。そこで再帰的に反射され、再び同一光路を辿ってハーフミラー 36 に戻る。

また、図 3-9 に示すように、再帰性反射部材 R で反射されてハーフミラー 36 に戻った再帰反射光は、ハーフミラー 36 で反射されて角度を変えて読取レンズ 38 を介して受光素子 39 に入射する。読取レンズ 38 に入射した再帰反射光は、その作用により線状に戻された後、受光素子 39（ラインセンサー）において、扇型の角度毎に異なる位置で受光される。これにより、図 3-9 に示す P 点で再帰反射光をペンや指で遮った場合、受光素子 39 上の遮られた再帰反射光に相当する位置に光が当たらない点（実際には光強度の弱い点）が生じることになる。再帰反射光を受光した受光素子 39 は、再帰反射光（扇型のうす膜上の光）の光強度分布に基づいた電気信号を生成し、コントローラに対して出力する。

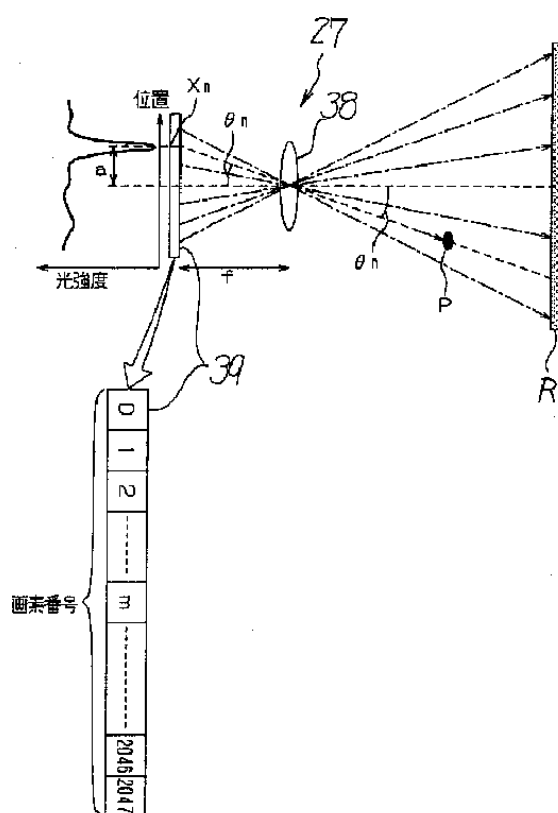


図 3-9：再帰光のラインセンサーによる位置検出

(3) 要求要件への対応結果

この光うす膜遮断検知技術により、下記のように要求要件を満足するタッチパネルが実現した。

◆低コスト化

LED・CCD とともに数百円オーダのコストであり、検知アルゴリズムも極めてシンプルなソフトウェア構造となり、タッチパネル部分で数万円以下となった。

◆透明性の確保

光を利用するため、完全に透明なタッチパネルとなり、投影画面の画質そのものが視認可能となった。

◆電池等の不要な特殊ではない（指や簡易なペン）タッチ方式

指や指示棒のような光を遮断するものであれば検知するため、電池が必要となるような特殊なペンは不要となる。これにより、ペンを紛失したり、電池が消耗して利用ができないなどの不便さがなくなる（共用施設は、消耗品管理がしばしば煩雑となり、会議の際に使えない状況が発生することがある）。

◆タッチ感

光うす膜遮断検知のためのセンサーは、マイクロ秒（百万分の一秒）オーダの反応速度であり、手書き操作には良好な感触が得られる。また、滑り感は盤面の表面素材や塗装などにより調整が容易に可能となった。

◆タッチパネルの取り付け部分を含めた重量

極めて軽量の部材で構成されていることから、全体として重量の問題はなかった。

◆違和感のない一定の精細度

発光 LED とレンズ位置精度、CCD 精度等により、結果として部品組み付け後、光遮断位置と座標検知位置の誤差は、70 インチ盤面上で 1～2 ミリの精度となり、タッチパネル付き電子黒板としては十分な性能が得られた。

◆高い耐久性

タッチ部分は、電子的装置のない盤面の板のみであり、飛躍的に耐久性が向上した。なお、LED と CCD は従来技術で長寿命化していることから、システム全体としても耐久性は十分なものとなった。

3.4.3 システムの機能/仕様

(1) 当時の電子白板と間接投影プロジェクタの問題点

開発した複数人数用の遠隔会議メディアに活用する、タッチパネル付き電子黒板は、室内会議にも活用可能にすることによって、会議室利用において利便性は高まる。

そこで、1995 年当時に普及しつつあった、室内会議向けプリント機能付き電子白板と間接投影プロジェクタの問題を分析し、その改善点を開発したタッチパネル付き電子黒板に反映することを検討した。

- ◆プリント紙を使い切ると、板書内容は手でメモする以外になく、煩わしい状況があった。共用設備の管理が利用者の所属部門と異なる場合が多く、紙切れのままの電子白板が存在していた。
- ◆板書ページが一定のページ数に制約され、それ以上は手書きした内容を白板消しで消してから板書することとなり、使いにくさがあった（当時の商品では書き込み板面シートの巻き取り式で最大 5 ページ）。
- ◆プリンタが小型で低速なものが多く、複数人数にその場で配布するには、時間を要した。また後日のコピー配布も手間となっていた。
- ◆配布された紙資料へのメモと、電子白板の板書内容は、後日になるとつながりが不明確となり、整理が煩雑となっていた。

また、当時のプロジェクタ（間接投影型）には、下記のような問題があった。

- ◆間接投影であるため、投影資料に説明者が影になってしまう場合がある。
- ◆参加者が投影資料の一部を入手しようとする、あらかじめ配布か、後日配布となる。

これらの問題は遠隔会議においても同様にあり、配慮すべきことと考えた。

(2) システムの機能/仕様

① 概略

複数人数の室内会議と遠隔会議のため、動画・写真・資料の大型表示画面と、同一画面上からの大型タッチパネルによる手書き（電子白板）機能と表示画面への上書きを装備する。

本商品は 2000 年に発売したが、この頃には CPU の低コスト化・高速化とメモリの低コスト化・大容量化によって、PC 用のアプリケーションとして動画会議が市場投入され、また PC のアプリケーションの同時共有サービス機能が装備されるようになり、タッチパネル付き電子黒板を利用しつつ PC ベースで動画音声と資料提示・手書きのメディア提供が可能となっていた。

② システムの機能/仕様

新型タッチパネルを搭載した、MEDIASITE MB2-70X は、下記のようなシステム構成とした。

◆ハードウェア

・ディスプレイ

片側 5～10 名用の会議を対象として、電子白板の画面サイズを確保し、かつ全体の価格を抑えるため、背面投射型ディスプレイ方式での薄型タイプを採用した。これにより、画面サイズは対角 1768mm=70 インチ（ただしアスペクト比は当時の NTSC テレビおよび PC 画面と同様の 4 : 3）とした。図 3-10 に外観図を、図 3-11 に構成図を示す。

・表示画面精細度

プレゼンテーション画面としては、十分な精細度として 1024×768 ドット（XGA）とした。なお、より詳細な資料表示とより詳細な手書きニーズについては、前述の RISCUSION 120VG が受け持つこととした。

・輝度

会議室内の照明を消灯しなくても表示画面が視認可能な 500 カンデラ/㎡とした。

- ・タッチパネル方式

新開発かつ筆者が特許出願した光うす膜遮断検知方式を採用した（後述にて説明）。この方式により、指またはペン等を選ばずにタッチ座標を検出可能な方式となった。また、**Touch Resolution** は、1.38mm/ポイントで板書手書きでは違和感のないレベルを達成した。



図 3-10 : MEDIASITE MB2-70X の外観

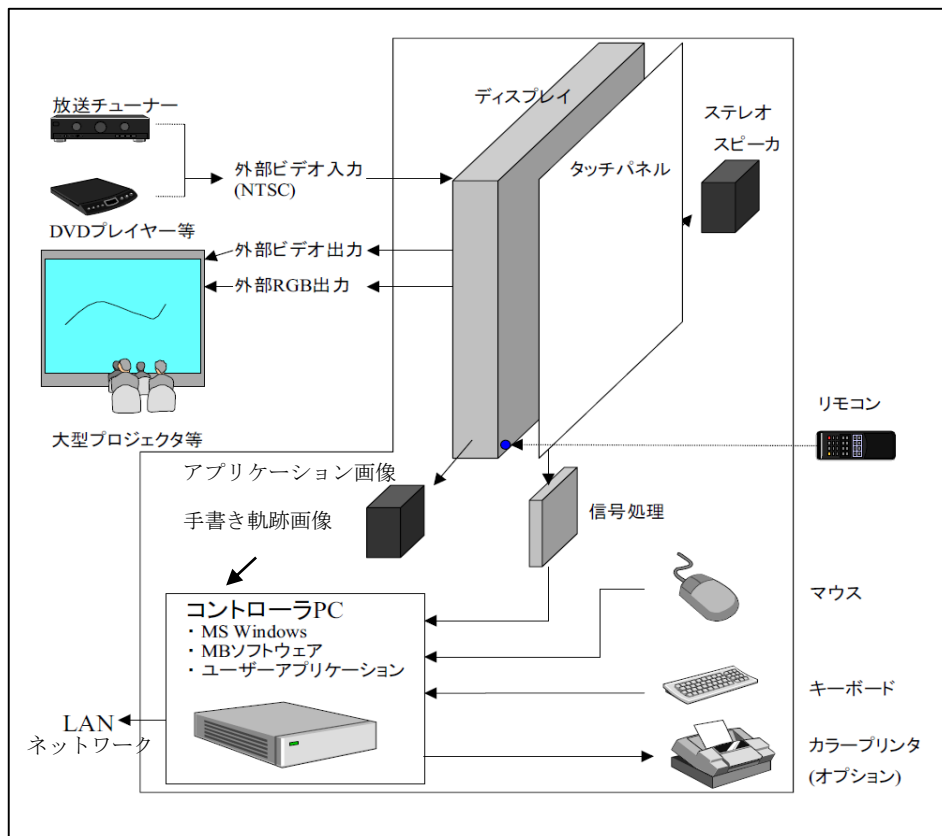


図 3-11 : MB2-70X の構成

◆ソフトウェア（商品名：MB ソフト）

MB ソフトには、電子黒板モード・Windows キャプチャーモード・PC 操作モード・スキャナ入力画面モードの4つの機能を装備した（PC ベースにて動作するように Windows 上で動作する）。

・電子黒板モード（国内発売のため名称を電子黒板とした）

電子黒板アイコンをタッチすると電子黒板モードとなり、電子手書きによる電子黒板機能で、下記の機能群を装備している。

- 手書き機能（軌跡情報入力＋表示機能）
 - 消去機能
 - 文字変換機能
 - 手書き画像のプリント機能
 - 電子ファイル機能（ファイル名付与・保管・検索・編集）
- （以上が RISSCUSSION-120NG と同一機能）
- （以下はその後の MEDIASITE における改善機能）

- 罫線機能
- 保管ファイルの秘匿認証等

図 3-12 に示すように、これらの機能は、手書きの軌跡情報を、タッチパネルからの信号により、軌跡データを生成して PC 上の画像情報にリアルタイムに取り込むことで図 3-13 のような手書き機能を実現している。CPU の高速化とメモリ容量の拡大により、軌跡情報入力と軌跡画像表示がほぼ同時に実施されるため、電子黒板において実際にマーカーペンで書いているように感じるような環境が実現した。それにより、コンピュータを使用している感覚を感じずに、電子手書きが利用可能となる。

また、手書き文字には漢字変換とフォント表示機能を装備したが、表示をベクトル方式としたため、拡大しても画質にギザギザが出ることが少ない状況になり、当時の一般のビットマップ方式とは、差別化している。

また、図 3-14 に示すように、漢字変換を可能としたことから、その場で清書が可能となり、議事録として十分利用可能となった。

ファイル保管機能には、ファイルへのアクセスセキュリティを配慮して手書きサインによる認証機能を搭載した。

・ Windows キャプチャモード

前述の背景のとおり、会議における資料説明は、2000 年前後にはマイクロソフトパワーポイントが一般に利用されるようになっていた。そこで、MB2-70X において、マイクロソフトパワーポイントの資料への上書き機能を実現するため、画像キャプチャをするモードとして図 3-12 及び図 3-15 に示すような Windows キャプチャモードを設定した。この機能ではマイクロソフトワードやマイクロソフトエクセルも可能となる。

また、PowerPoint の複数ページを一括で取り込む機能を装備した。

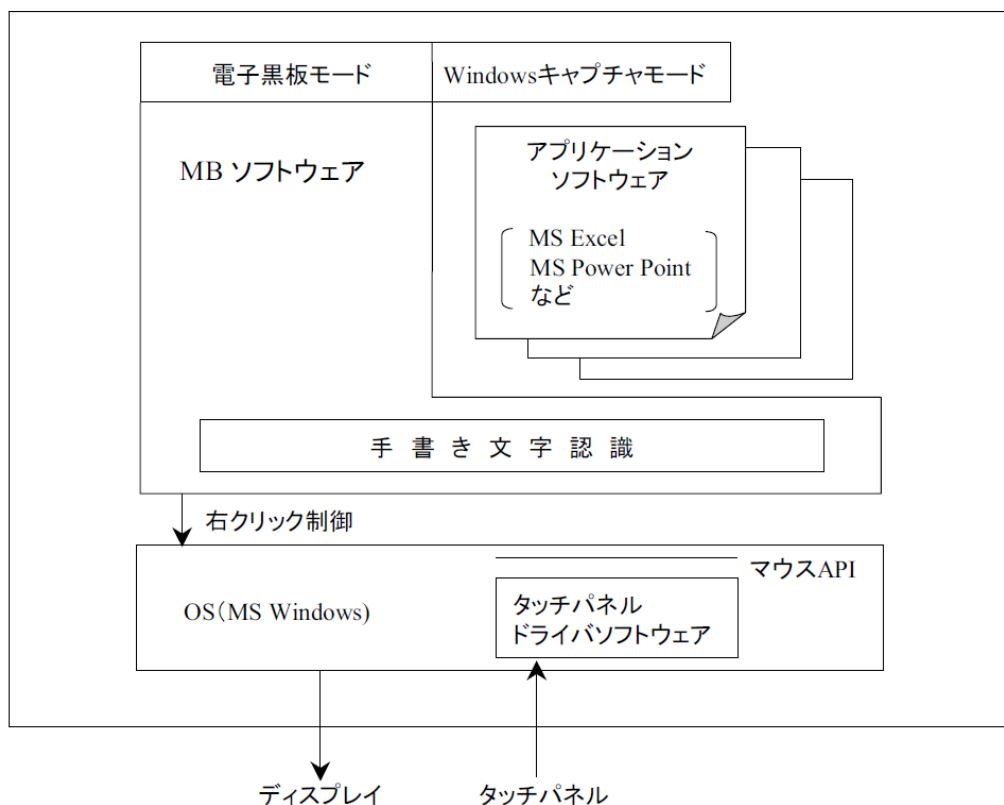


図 3-12 : ソフトウェア構成

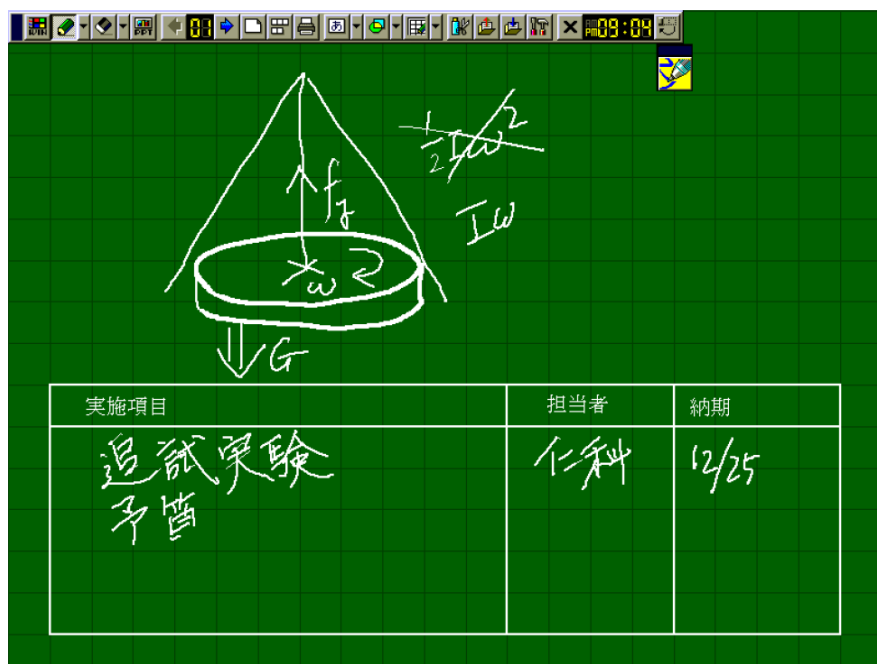


図 3-13 : 電子黒板モード



図 3-14：手書き文字認識・漢字変換

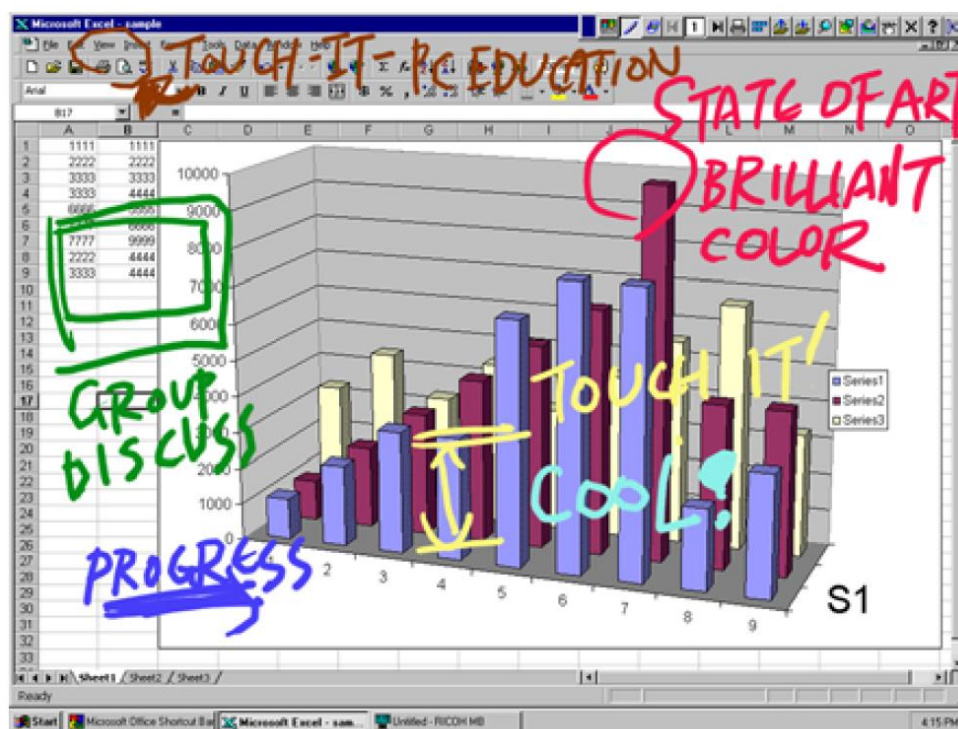


図 3-15：Windows キャプチャモード

- ・PC 操作のタッチパネル操作モード

WindowsPC 画面をそのまま大型ディスプレイに表示し、画面上にタッチすると、タッチパネルセンサーによって、通常のマウスクリックと同じ機能を実現するモードとなる。

もし画面にブラウザを出せば、そのタッチはネットワーク上からのコンテンツを表示するための操作ともなる。このモードはもっとも基本的なものではあるが、インターネットの普及によって、黒板上でネットを検索することは、会議の過程で非常に便利な機能となった。

また、ネットアクセスした HP の表示についても、キャプチャーして上書き、およびそのプリント・保管・検索が可能となり、これも会議を支援する機能となった。

- ・スキャナ入力画面モード

紙資料もスキャナで取り込み、その画像を大画面上で見ることや、上記と同じように上書きすることも可能となる。それとともに、画像のプリント・保管・検索機能を実現した。

3.4.4 評価

この「光うす膜遮断検知方式」のタッチパネル技術により、従来のタッチパネル付き電子黒板で問題となっていた事項は解決し、遠隔会議メディアの提供における、複数人数の会議にも手書きのメディアの提供が可能となった。

これにより、大型タッチパネル付きの電子黒板を活用した遠隔会議という新しい領域を形成し、それは同時に室内会議や報道プレゼンテーションの領域に拡張され、電子黒板の新領域も形成した。

また、「光うす膜遮断検知技術」によるタッチパネルは、特許出願し、北米・EU・日本国内において、特許出願、公開、審査請求後、特許化した[20]-[22]。これにより、発明として認定された。

本技術は 1999 年に新聞紙上において、低コストで特別なハードウェアとしてのスクリーンを使わない新しい大型タッチパネル技術として取り上げられ、開発後 2014 年現在までの約 15 年の間、本技術によって商品販売が継続されていることから、累積販売数は数千台以上の販売数量となっていると推定される。

発売当初の 1999～2000 年にかけて、すべての TV 放送局各社で採用され、NHK の天気予報番組では現在でも地域の天気を示す際に活用されている。

さらに 2014 年においても、NHK 技術展に出展され、15 年経過した現在においても先端技術としてその応用が検討されている。

日経産業新聞 1999 年 9 月 14 日

◆見出し: 指や棒、光センサーで感知 リコー、コスト7分の1に電子黒板システム



リコーとOA機器などの開発・販売を手掛けるリコーエレメックスは、指や棒を使って大型ディスプレイの画面に文字や図形を書き込める新型の電子黒板システムを開発した。光センサーで指や棒の位置を検出して、その情報をもとに文字などをディスプレイに書き込む。超音波センサーなどを使って位置を検出する場合より、センサー部のコストを最大七分の一程度削減できるという。ビジネスのプレゼンテーションや学校の授業向けに、来年を目処に商品化する予定。開発した電子黒板システムは光センサー付きのディスプレイと指などの位置情報をもとに文字や図形に変換するパソコン用ソフトウェアからなる。

このソフトをパソコンに入れて、パソコンに入力したスライドなどの画面をディスプレイに表示する。次に強調したい部分を指や棒を使って丸く囲むと、光センサーが指などの位置を検出し、パソコンで処理して画面に丸を書き込む。

光センサーはディスプレイの表面に光を薄い膜のように走らせており、指やペンで触れるとその部分の光が反射される。その反射光を光センサーで検知して、指の位置を知ることができる。特殊な専用ペンを使わなくても、指などで軽く触れるだけで良いのが特徴。従来の電子黒板はディスプレイにかかる圧力を検知したり、超音波を使って指した場所を調べていたが、表面にガラスや幕を張る必要があった。このため、見にくく、コストを押し上げる要因になっていた。光センサーを使った位置検出方法は、特別な膜などを使わないため画面をはっきりとみることができる。

また七十インチ級の大型ディスプレイにこのセンサーを適用すると従来方式に比べ、コストを半分から七分の一程度に抑えられる見通しだ。従来同様の製品は一千万円前後と高価だった。リコーは来年を目処に、七十インチの電子黒板システムを三百万円程度で発売する予定。

電子黒板ディスプレイは大型化の傾向にある。光センサーを利用したシステムは光の出力を上げれば、大型化に対応できるため、七十インチより大きなディスプレイにも採用できるという。

図 3-16 : 日経産業新聞掲載記事

3.5 まとめと今後の課題

NC の黎明期に立ち上がり始めた遠隔会議支援のメディアの提供について、2つの問題があった。

- ◆動画と音声に偏重し、遠隔会議に本来必要な資料提示と手書きのメディアの提供が十分ではなかった。
- ◆複数人数の遠隔会議において、手書きメディアを提供する際にタッチパネル付き電子黒板を活用することが考えられたが、タッチパネル技術が不十分で、新しい技術を必要とした。

そこで、これらの2つの問題に対応するため、下記の事項を実施した。

- (1) 動画音声に加えて資料提示と手書きメディアを追加した遠隔会議システムを開発・商品化し、装置の統合化とメディア多重機能をワンチップ化することによって、複雑な多くのメディアを扱うことによる、複雑なシステムを意識させない、使いやすい商品とした。
- (2) 複数人数の遠隔会議に対応するため、タッチパネル付き電子黒板を開発・商品化し、当時の大型タッチパネル技術の問題を解決するため「光うす膜遮断検知方式」による新技術を考案・開発することにより、コスト・性能を満足するタッチパネル付き電子黒板となった。

製品としては、前者は1000台程度、後者のタッチパネル技術は15年に渡って同技術が搭載された商品が販売されており、少なくとも数千台以上が販売されていると推定され、2014年現在も継続販売中である。

その結果、NCのサービスの黎明期である1990年前後から立ち上がりつつあった遠隔会議のメディア提供について、その普及実現に障害となることが考えられた重要な問題に有効な解決策を与えることによって、本研究で着目したNCの3つの構成要素であるNCのサービスが普及・実現することに貢献することができた。

現在は、通信の大幅なブロードバンド化とサーバ能力のアップにより、DCからのサービスとして、遠隔会議のメディアが提供されるようになり、多くのオフィスにおいて

PC のブラウザによってネットへアクセスすることによって、遠隔会議を利用することが可能となっている。

グローバル化はさらに進むことから、遠隔会議のニーズはさらに広がると思われるが、その場合でも資料と手書きの必要性は変わらないと考えられ、また一方で、NC 上で利用されるタブレットコンピュータが一般に普及していることから、さらに利用される場面は多くなると考えられる。

今後は遠隔会議のメディア提供において、NC 上でタッチパネル付き電子黒板と現在すでに大規模に普及したタブレットの融合した環境も一つのアプローチと考えられる。

第 4 章 NC のサービス間連携の課題

～サービス間連携における共通の SLA の実現に向けた活動～

2000 年前後に NC によるアプリケーションソフトウェアやその他のコンピュータ機能の遠隔サービスも展開され始めていた。それらのサービス提供においては、サービスとサービスの間でのデータ連携や機能連携をさせることが可能で、さらに利用メリットが発生することが判明してきていた。

本研究で着目した NC の 3 つの構成要素の第 2 のサービス間連携は、前述のとおり、NC のサービスの利便性を大きく拡大するものであり、この利活用を推進することは、この遠隔サービスが広がり始めていた局面において、NC の発展に強い影響をおよぼすと考えられた。

サービス間連携においては、以下に示すいくつかの課題があったが、それらの多くは個々の企業で解決に向けて努力が実施されており、本書ではそれらの企業での取り組みでは困難な状況にあった共通の SLA の問題に取り組んだ。本章では、その共通の SLA 基準の実現について述べる。

サービス間連携における SLA の共通化が進むような対応策を講じることは、NC を実現・普及する上で大きく貢献するものと考えられる。

4.1 節ではサービス間連携の背景と概略、4.2 節では問題点と対応方法、4.3 節では SLA の具体化、4.4 節ではガイドラインの作成、4.5 節ではガイドライン検討のプロセス、4.6 節では評価、4.7 節ではまとめと今後の計画について述べる。

4.1 背景と概略

2000 年代になると NC では、アプリケーションソフトウェアやその他のコンピュータ機能の遠隔サービスが始まりつつあった。それらは、下記のようないくつかの利便性をもたらした。

(1) 初期投資の低減

ネットワーク上で利用するとともに、顧客の利用状況を把握し、アプリケーションソフトウェアやコンテンツサービスを売り切りではなく、サービス料金（月額等）での支払モデルが適用される場合が多く、顧客にとって初期投資が低減されトライアル的な利用が可能となるため、顧客の自由度が増す。

（２）データの保全

データも遠隔で保管サービスが可能であり、堅牢な DC で運用する場合は手元の端末（PC 等）の破損や、停電・災害への対応など安全性が高くなる。またバックアップサービスも提供が可能で、もし何らかの事情によって誤って消去しても、一定時期以前のデータの保全が可能となる。

（３）バージョンアップ・メンテナンスの手間の低減

アプリケーションソフトウェアのバージョンアップは自動化され、ソフトウェアメンテナンスの手間が低減される。

（４）ウイルス・他のサイバー攻撃への対応

常に新型ウイルスへの対応を実施することが可能であり、他のサイバー攻撃についても最新の対応策を講じることが可能となる。

（５）複数のサービス間でのサービス連携

NC はネットワークを通じてアプリケーションソフトウェアやその他のコンピュータ機能が提供されるため、サービス間でデータ・コンテンツ、さらには機能なども連携させて利便性を高めることが可能となる。

この中で、（５）については、コンピュータと通信が融合する NC ならではの特徴であり、NC のメリットを飛躍的に向上させるものである。本章においては、サービス間連携を実現するための課題を分析し、効果的な対応について述べる。

以下にサービス間連携の事例と、それを実現させる技術構造について示す。

4.1.1 サービス間連携の利便性

SLA の必要性を説明するために、まずサービス間連携の必要性について述べる。

図 4-1 の例に示すように、例えばレストランや店舗情報サイトに、別の地図サービスとのリンク情報を付与しておいて、店舗ごとにその位置（緯度経度 or 住所）を入力しておけば、店舗をクリックするだけで、地図上にその店舗の場所を表示して顧客が見たり、その地図のプリントをすることが可能となり、顧客をスムーズに誘導することが可能となる

このように、NC において一部の必要なコンテンツを自分で作成・内蔵せずサービス間連携を活用することによって、サービス提供を効率化かつ充実し、図 4-1 の例では橋や道路が新しくなっても、常に最新にメンテナンスされた地図を活用することが可能となる。

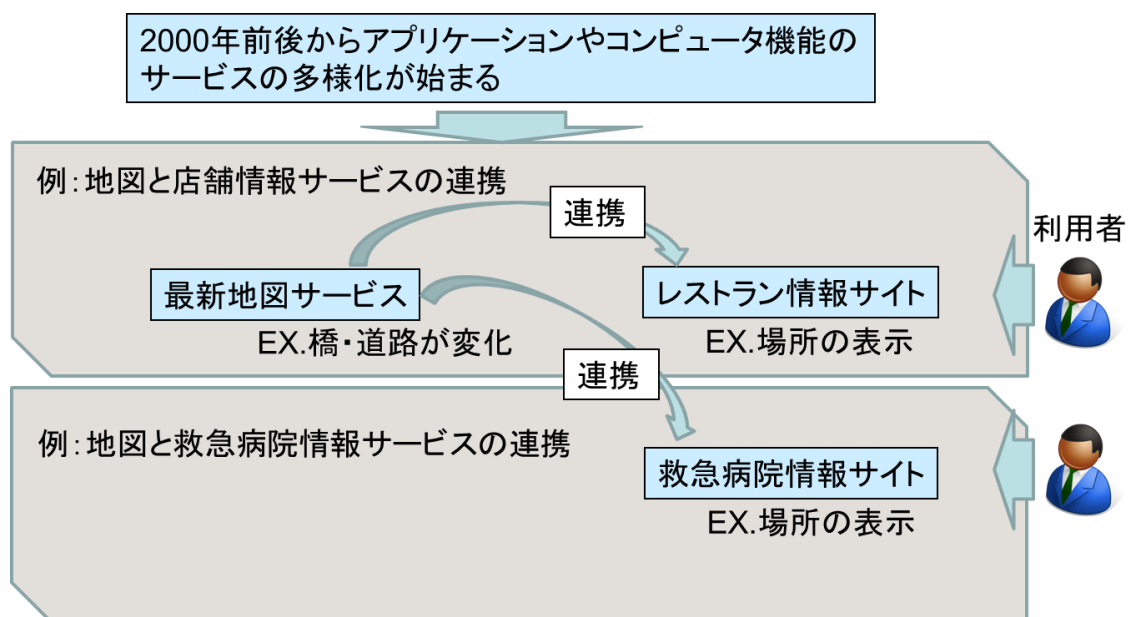


図 4-1：サービス間連携の例

このサービス間連携によって、2000 年前後の NC に多様なサービスが出始めた時期において、大きな変化が発生した。

- ◆サービス間連携によって、NC のサービスの価値が向上し始めた。
- ◆サービス間連携によって、NC のサービスの作り方に変化が発生し、2000 年の NC の重要な局面において、その発展に良い影響を与えることが考えられた。

このように、サービス間連携は NC をさらに発展させる可能性があり、NC の発展過程において重要な局面を迎えていた。

4.1.2 サービス間連携を推進するための課題

サービス間連携を実現するためには、下記のいくつかの課題があった。

(1) サービス間連携のためのソフトウェアとプロトコルの課題

1990 年代前半の情報システムでは、サービス間連携を実現するためには、連携するシステムごとに、ネットワークを介してデータやプログラムがリンクする仕組みを搭載しておく必要があった。そのため、非常に大きな手間がかかり、特別な場合にのみ実施されてきた。

このころから、Web の仕組みは、端末側の閲覧ソフトである Web ブラウザが大規模に普及し始めており、機能やプロトコルが標準的に構築されていた。この Web と端末側ブラウザの仕組みにおいて 2000 年前後になると、多くの企業や WWW 委員会の努力によって、単なる「閲覧」すなわち、スタティックな HTML によるコンテンツ表示をすることのみの存在から、動的なものへと進化し、あたかも端末上でプログラムが動作したかのように、ネットワーク上から仮想的に見せる Web サービスが実現できるようになった。このことによって、Web ブラウザが「端末の仮想化ソフト」の役割を持ち始め、サービス間連携を標準的なプロトコルで実現する仕組み作りのチャンスが生まれた。

その状況の中で、異なるベンダーで異なるシステムにおいても、連携される側が API¹³を作成して公開しておき、連携する側でプログラム上にその API を張り付けるだけで、サービス間連携を実現することが可能となるように、仕組みと API 作成方法についてデファクトスタンダードが生まれてきた。これによって、NC でのアプリケーションサービスは、標準的なプロトコルを活用した Web サービス方式¹⁴での利用が増加し、そこではサービス間連携も標準的な API の記述方法で実現するようになった。それにより Web サービスでのサービス間連携は俗称として、「マッシュアップ」¹⁵とも呼ばれてサービス間連携の普及が加速した。

また、オブジェクト指向プログラミングの推進団体である OMG¹⁶が提唱し、標準化された CORBA¹⁷によって、別々に提供されているサービスを協調動作させることも推

¹³ API : Application Program Interface

¹⁴ Web サービス : XML 形式のプロトコルによりコマンドの送受信を実施して NC におけるサービスを実現する方式で、W3C において標準を規定している。

¹⁵ マッシュアップ(mashup) : 元来は音楽における 2 つ以上の曲をミックスして一つの曲にした音楽の手法であるが、NC における Web サービス上でも 2 つのサービスをミックスして利用することにも同じ呼称で扱われるようになった。

¹⁶ OMG : Object Management Group の略でオブジェクト指向のプログラミング手法

進され、NC のサービス間連携は、多様なサービスを簡便に連携させることが推進された。

このように、2000 年前後の NC においてサービス間連携の実現のためのソフトウェアとプロトコルの課題対応は、標準化団体や技術者の努力によって、世界中で進みつつあった。

(2) 異なるベンダーが連携するための課題

上記の連携のためのソフトウェアとプロトコルの問題が対応される状況に対して、サービス間連携を実現するためには、もう一つの問題があった。

図 4-2 に示すように、B のレストラン情報サイトのサービス事業者が地図のサービスと連携する際に、自分のサービスが 24 時間 365 日のサービスを実施している場合に連携する相手も同様な状況を期待する。しかし A 社と A' 社でサービス時間が異り、A' が自分と同じサービス時間である場合は A' 社を選択することとなる。このようにサービス間連携を実施する際には、連携する相手のサービスレベルを事前知る必要が出てくる。もし、自分が提供しているサービスレベルより低くなるときは、別のサービスを選択するか、もしくは自分のサービス提供条件に制約をつける必要が出てくるのである。

2000 年当時の国内においては、まだ NC のサービス間連携において、サービスレベルという言葉も一つ一つの項目の定義も存在しない状況にあった。

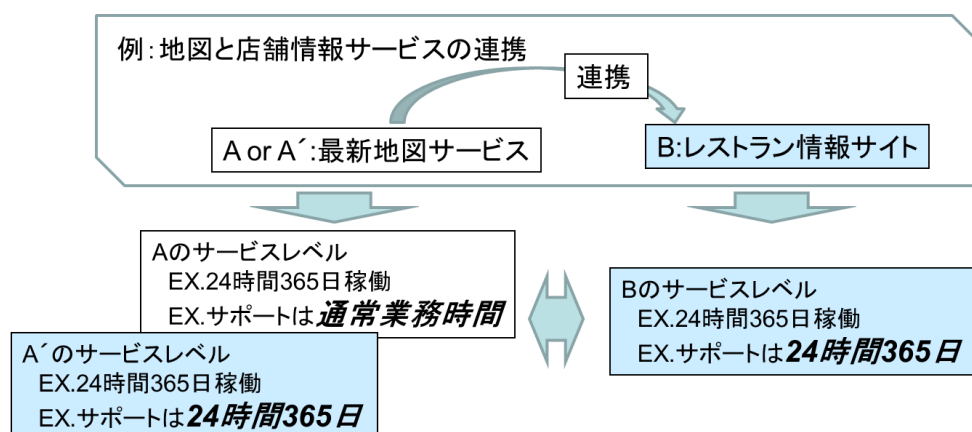


図 4-2：サービス間連携におけるサービスレベル情報の共有ニーズ

を推進する団体で、CORBA (Common Object Request Broker Architecture) 標準を生み出した。

¹⁷ CORBA：別々のプログラミング言語で書かれ別々のコンピュータで動作して全体として協調動作する（すなわちクロスプラットフォームの）ソフトウェアコンポーネント群の標準

このサービス間連携における共通の SLA の問題は、個々の企業努力で解決するものではなく、業界や社会の課題として認識し、対応方法を検討する必要性があると捉えた。本章ではこの問題への対応について、テーマとする。

4.2 共通 SLA を実現するための課題と対応方法

4.2.1 問題点

NC におけるサービス間連携は、NC の大きな利便性の一つであり、これが円滑に活用されるようにすることは、NC の実現・普及に大きな後押しとなることはこれまでに述べた。

ここで、異なるベンダーのサービス間連携には、サービス品質やサポートなどの運用面も多様な場合があり、均質とは限らないが、2000 年以前の国内では、それらに関する共通のメタ情報¹⁸は提示されていない状況にあった。

このような状況では、ユーザがサービス間連携をする際に、もし連携する側と連携される側のサービスレベルが共有されていないと、サービスの提供がしにくい状況となり、サービス間連携の利用拡大の障害となる。

当時の北米では、NC のサービス品質やサービス条件について、SLA（サービスレベルアグリーメント）という言葉で表現し、顧客とサービスベンダーの間で約束事として取り交わすことが提唱され始めていた。しかし、北米での SLA の提唱の動きは、シンクタンクや一部のサーバメーカーがデファクトスタンダードを取ることによって市場で優位に立ちたいという競争の中での提案であり、それぞれに主張があり、共通のものになりにくい状況があった。また、提唱はされてはいたが、具体的に共通の SLA の作成には至っておらず、顧客との個別の約款の作成が推進されていた。

一方、日本国内ではさまざまな業界商品において一定の標準的枠組みを与える場合に、中央省庁の当局及び関連外郭団体等からガイドラインを提示する慣習があった。たとえば食品やネジなどの標準は、それら当局と関連外郭団体で原案を作成し、有識者会合で承認を取って制定・発行され、民間企業がこれに従うという状況にあった。

これらは別の見方をすると「規制」とも呼ばれ、しばしば経済発展の障害と名指しされることもあるが、共通の基準を設定する上では大きく寄与しているという面もあった。しかし、2000 年以前の中央官庁においては、SLA だけではなく NC の認識もまだ薄く、さらには通信とコンピュータは、別々の行政当局で扱われていた状況にあり、それらが融合する NC はどちらの当局も扱っていなかった。

以上のことから、問題は 2 つあると考えられる。

¹⁸ メタ情報：ここでは SLA の項目が共通の言葉で表現され、その意味や単位などが定義されている状況を指している。

◆北米での例にもあるように、単純に市場に任せていると、競争状態の中では NC のサービスにおける共通の SLA 基準設定の動きは進みにくい。

◆日本国内には、NC のサービスにおける共通の SLA を議論し検討する場や体制がない。

2000 年前後においては NC におけるサービス間連携によって、飛躍的に利便性が高まる重要な局面があり、これら共通の SLA がないという問題に効果的な解決策を与えることができれば、NC の普及実現が大幅に前進すると考えられた。

そこで、下記のようにいくつかの工夫により対応方法を検討・実施した。以下にそれらの内容について述べる。

4.2.2 対応方法

上記の 2 つの問題に対応するため、まずターゲット分野を検討した。

まず、日本の実情に合った進め方によって、共通の SLA が設定されやすい分野を特定することとした。

NC によるアプリケーションやその他の機能提供の遠隔サービスでは、代表的な例として下記のようなものがある。

◆コンシューマ向けアプリケーション・サービス

EX1. ゲーム

EX2. レストラン紹介

◆民間企業が利用する企業向けアプリケーション・サービス

EX1. 財務会計

EX2. グループウェア

EX3. 医療レセプト

◆公共向けアプリケーション・サービス

EX1. 文書管理

EX2. 住民基本台帳

EX3. 電子入札

ここで、SLA の必要性の優先度については、ゲームや娯楽のためのアプリケーションというよりも、民間企業や公共サービスの方が信頼性やサービス品質を強く求める状況であることは容易に想定できる。

次に、民間企業向けと公共向けの比較では、国内の産業界において、公共システムで利用された SLA の基準を民間で参照していくという方向がスムーズに展開されていく可能性はあるが、その逆は難しい状況にある。

さらには、日本の政府当局は、民間向けの基準については、推奨するという程度の立場だが、公共システム、特に大きな市場である電子自治体分野は、調達する行政側が主導であり、ユーザの立場から基準作りを実施する立場にある。それにより、共通の SLA 基準を設定する過程で、デファクトスタンダードの争いがない状況で、かつ利用者の立場で検討が可能となる。

また、当時の 1990 年の終わりごろから 2000 年初頭にかけて政府方針に「e-ジャパン構想」という施策があり、その中心に「電子自治体アウトソーシングの推進」[23]があったことから、NC によって効率的で利用しやすい電子自治体構築を提案できる可能性があった。そこではなんらかのガイドが必要となることは容易に想定できた。

そこで、ターゲット分野を「公共分野、特に電子自治体分野」として、以下に示す 6 つのステップからなる進め方によって、日本における SLA の普及を図っていくこととした。

◆Step1：業界団体の設立

共通 SLA の受け皿として、NC の民間業界団体を設置する。

◆Step2：共通 SLA 対象分野の選定

最初にどの分野について共通の SLA を設定するのかを選定する。

◆Step3：行政当局への説明

電子自治体担当当局に、共通 SLA を制定するべく、その意義等について理解を得る。

◆Step4：検討委員会の設置

オーソライズのために筆者が作成した共通 SLA の基準原案を、審査する検討委員会を設置する。

◆Step5：ガイドの配布と教育

作成した電子自治体 SLA ガイドブックを配布するとともに、全国の自治体を教育する。

◆Step6：民間企業向けの共通 SLA 制定への水平展開

民間向け SLA は、公共向け SLA のガイドラインが参照されるように、民間の IT 推進当局に説明し、一部のカスタマイズを施して提示することを促した。

次節では、このステップごとの具体的実施事項について述べる。

4.3 共通 SLA の具体化

前節の共通の SLA 設定のための 6 つのステップについて具体的実施事項を述べる。

4.3.1 Step1：業界団体の設立

共通 SLA を議論し共有化するため、関連する民間企業による NC の業界団体の必要と考えた。1999 年当時 NC に関する民間企業団体は存在していなかったことや、IT 関連団体は経済産業省関連団体であり、通信に関連しない組織となっていたことから、新たなコンピュータと通信が融合したモデルを扱う組織として、創立時 85 社が参加し、NPO 法人「ASP インダストリーコンソーシアムジャパン」を発足させた。

発足メンバーである筆者が常務理事として就任し、かつ電子自治体共通 SLA の担当理事として政府当局との作業にあたった。

その後 ASP インダストリーコンソーシアムジャパンは、200 社を超える参加企業による団体となり、国際会議の事務局も務め、筆者が担当理事として国際間の調整窓口となった。

表 4-1：ASP インダストリーコンソーシアムジャパンの当時の主な活動

2006 年	11 月	「日韓共同 ASP ワークショップ」ソウルにて開催
2005 年	9 月	「ASP 白書 2005」作成・出版
2003 年	4 月	「2003 年版 ASP 白書」作成・出版
	3 月	総務省「公共 IT におけるアウトソーシングに関するガイドライン」公表
2002 年	2 月	特定非営利活動法人(NPO)の認証取得
1999 年	11 月	任意団体 ASP インダストリー・コンソーシアム・ジャパン設立(創立メンバー85 社)

4.3.2 Step2：共通 SLA 対象分野の選定

下記の理由によって電子自治体分野をターゲットとした。

- ◆利用ユーザと行政の基準設定当局が同じ組織であることから、北米に見られるような民間企業のデファクトスタンダードの競争状態から離れた検討が実施可能となる。
- ◆日本の慣習から、将来のステップ（下記 Step6）の民間向け SLA を検討する際に、公的な電子自治体における共通の SLA があると、参照が可能となり、民間企業向けの SLA の共通化が促進可能となる。

また、グループウェアなど類似するアプリケーションソフトウェアも存在するため、共通の SLA が検討しやすい。

4.3.3 Step3 : 行政当局への説明

電子自治体担当当局に対して、ASP インダストリーコンソーシアムジャパンとして以下の内容を説明し、理解を得た。

- ◆NC はどのような意義があるのか。
 - ・コンピュータの新しいモデルである。
 - ・将来は生活/行政/産業/社会の基盤となり、人間の知的基盤にもなる。
- ◆NC とはどのようなシステムなのか（通信とコンピュータの融合）。
 - ・ネットワークを通じてサービスの形態で機能提供され、共同利用によってコストが低減される。
 - ・サービス間連携があり、利便性が高い。
 - ・データセンターが重要なインフラとなる。
- ◆電子自治体で利用されるにはどのような手順が必要か。
 - ・地方自治法および、現在の自治体の情報化の慣習と、NC によるアウトソーシング活用との整合性をとること。
 - ・共通の SLA によって安全性やサポート面のメタ情報を共有化すること。
- ◆共通の SLA の必要性和制定のためにはどのような進め方が適切か。
 - ・原案を作成すること。
 - ・有識者検討委員会を設置して、原案をオーソライズすること。
 - ・自治体への啓蒙と通達及び説明教育を実施すること。

4.3.4 Step4 : 検討委員会の設置

SLA ガイドラインの原案は、事務局である筆者および一部の専門家によって後述する方針や考え方によって作成するが、それを有識者によって構成される委員会で審議し、オーソライズをはかることによって、その内容が適切なものであることとされ、参照されやすくなる。

そこで下記のような検討委員会を設置した。

(1) メンバー構成

そもそも SLA は下記のような利害対立が予見された。

◆利用者側（自治体）の利害

なるべく高いレベルの SLA によってシステムが提供され、かつ安いコストを期待している。

◆サービス提供者の利害（民間ベンダー）

競争状態の中で提案価格は安く抑える必要があるため、SLA はクレームにならない程度に、シンプルにかつレベル値は低く抑えたい。

そこで2つの対応をはかった。

- ① 原案の項目とレベル値について、中立的立場の筆者自身が委員会メンバーの意見を聴取しながら作成する。
- ② 検討委員会に、第三者以外に利用者側の自治体とサービス提供者側のベンダーも入れる。

これによって、調整が働き、現実的でかつ適切な SLA の設定ができるように計画した。

(2) 検討委員会の設置

制定した共通の SLA ガイドをその後実際に自治体で運用されるように促すことを狙い、事前にそれを吟味し公平なものとし、かつ公的にオーソライズされた形態を持たせるため、当局主催の表 4-2 のような有識者委員会を設置した。これにより、電子自治体担当当局から各自治体にガイドとして通達される。

具体的には、下記のように進めた。

◆当局主催のガイドライン検討委員会を設置する

- ◆筆者が事務局となり、原案を作成してガイドライン検討委員会に提出し議論を頂き、必要があれば補正する

- ◆検討委員会メンバーは、学識経験者、自治体職員、弁護士、NC 関連ベンダーから選定し、利害が調整される環境とする

表 4-2：公共 IT のアウトソーシングに関するガイドライン検討委員会（抜粋）

	組織名	氏名	所属・役職
学識経験者	東京大学 情報学環・学際情報学部教授	須藤 修	教授
	摂南大学経営情報学部教授	島田 達巳	教授
	神戸市外国語大学助教授	芝 勝徳	助教授
	東京大学大学院法学政治学研究科	斎藤 誠	助教授
	早稲田大学理工学部助教授	木村 忠正	助教授
	弁護士	御宿 哲也	-
自治体	東京都総務局IT推進室	田口 裕之	副参事
	福岡県企画振興部高度情報政策課	溝江 言彦	情報企画監
	長野県塩尻市情報プラザ	米窪 健一朗	次長
	仙台市企画局情報政策部	坪田 忠宏	部長
	小田原市企画部IT推進課	和田 豊	課長
	富士通	伊藤 大孝	ソリューション事業本部 本部長代理
	NEC	磯貝 敏雄	公共ソリューション事業部 事業部長
	IBM	蔵田 憲治	公共システム事業部ソリューション事業部長
	地域計算センター(BSNアイネット)	山下裕行	取締役技術担当
事務局	ASPインダストリーコンソーシアムジャパン	津田 邦和	理事

4.3.5 Step5：ガイドの配布と教育

作成した電子自治体向け共通 SLA のガイドは、「公共 IT のアウトソーシングに関するガイドライン[24]」として、2003 年 4 月に当時 3300 存在した全国の都道府県市町村に配布した。

また、都道府県単位で、自治体の情報政策担当者を集め、教育・解説を実施し、情報システムの調達の際に NC も候補にするように促す活動を実施した。

その際、筆者自身が講師となり教育を実施した地域は、下記の 26 都道府県(全 47 都道府県の約 50%)であり、これら地域のほぼすべての市町村が参加した。

- (1) 北海道
- (2) 秋田県
- (3) 岩手県
- (4) 宮城県
- (5) 新潟県
- (6) 群馬県
- (7) 茨城県
- (8) 東京都

- (9) 山梨県
- (1 0) 長野県
- (1 1) 三重県
- (1 2) 京都府
- (1 3) 大阪府
- (1 4) 兵庫県
- (1 5) 岡山県
- (1 6) 島根県
- (1 7) 鳥取県
- (1 8) 広島県
- (1 9) 山口県
- (2 0) 高知県
- (2 1) 徳島県
- (2 2) 福岡県
- (2 3) 長崎県
- (2 4) 大分県
- (2 5) 熊本県
- (2 6) 宮崎県

なお、上記以外の地域は、文書送付にて代替もしくは、シンクタンク等に代行を依頼し、実施された。

また、それらの解説書として、「電子自治体アウトソーシング実践の手引き」[25]を出版した。

この SLA ガイドラインは数回の改定を重ね、現在においても継承され運用されており、最近では一部が改訂されて、2009 年版地方公共団体（自治体）の ASP・SaaS 導入ガイド[26]として発行されている。

4.3.6 Step6：民間企業向けの共通 SLA 制定への水平展開

上記の電子自治体分野以外に、民間企業分野があるが、それらについては下記の手順で展開した。

- ◆電子自治体の共通 SLA のガイドラインについて、民間企業 IT 推進当局と関連団体に説明を実施した。

- ◆それらを参照すれば、類似するアプリケーションサービスもあるため、水平展開が可能とのことで共有した。
- ◆民間の IT 推進当局および、関連団体により、一部のカスタマイズを施してガイドが制定され、HP に提示された[27]。

4.4 ガイドラインの作成

前述の Step4 で検討委員会に提出し審査を受けた SLA 原案について詳細に説明する。本 SLA は、2003 年に「公共 IT のアウトソーシングに関するガイドライン[24]」として発行された。

4.4.1 ガイドライン作成方針とその特徴

SLA 原案を作成する上で、下記の事項を方針とした。

共通の SLA は、2000 年前後の段階で国内には存在せず、また北米においてもシンクタンク等からの方向性の主張はあるが、具体的な事例がないため、手探りではあるが SLA がどうあるべきかを考慮して下記のように独自に検討した。

- (1) 具体的な項目名と定義、計測可能な単位を具体的に提示した。
⇒それによって、その後 SLA 項目の一つ一つに共通の名称と定義が設定され、ベンダーのサービスを比較することが可能となる。
- (2) SLA のレベル数値を具体的に提示した。
⇒それによって各自治体における運用が円滑に進み、かつ具体化が期待できる。
- (3) すべてのアプリケーションごとに SLA を提示した。
⇒それによって、「方向性」ではなく、具体的アプリケーションごとに SLA が設定されることを狙った。
- (4) 具体的に提示してはいるが、地方自治法上の独立行政法人である地方公共団体としての位置付けから、最終的には自治体自身が決定し、ガイドラインを参考に自治体自身で選択的に決定することとした。
⇒小規模な自治体において人材不足の状況があるため、詳細な SLA とそれに沿った IT 調達には一定の業務量を伴うことから、例えば小規模自治体では SLA のいくつかを削除し、単純化して IT 調達業務量を削減するなどが可能となるように、自治体自身で最終決定が可能なように一定の割り切り余地を残した。

これらはすべて、基準を作成する当局が、電子自治体システムの調達方針を決定する当局と同一組織であることから、実現したものである。

このような具体的 SLA の例は、それまでの事例としては存在しない。

4.4.2 主要項目と詳細項目

(1) SLA 主要項目

この原案において、SLA の主要項目は、下記のような項目とした。

① 可用性

どの程度継続的に利用ができるのかについてのレベルを設定する項目で、サービスの実施時間帯と停止確率の最低保証などを記述して共有する。

② セキュリティ

認証の種類、バックアップに関連するレベルを記述して共有する。

③ 性能

アプリケーションの応答速度や処理速度についてのレベルを記述して共有する。

④ サービスサポート作業品質

問い合わせ対応のレベルを記述して共有する。

(2) SLA の詳細項目

これらのSLA主要項目には詳細項目があり、それらには2種類の性格の項目が含まれている。

◆ 定量的評価が可能なもの (●)

数値が計測され、規定ラインを遵守できたかどうか評価されるもの

◆ 定量的評価ができないもの (○)

数値ではなく、言葉で規定された事項が、規定どおり実施されたか否かで評価されるもの

これらの二つの特性をもった詳細項目について、主要項目ごとに下記のとおり、●もしくは○を明示して設定した。なお●の定量的評価が可能なものは、そのデータ取得方法と計算式を提示し、さらに具体化をはかった。

以下に主要項目ごとの詳細項目を提示するが、これらを遵守することをサービスベンダーは表明することとする。

① 可用性

第一のSLA主要項目の「可用性」は下記の2つの詳細項目によって構成する。

○サービス時間：サービスを提供する時間帯を設定する。

●稼働率：上記のサービス時間から、故障等による停止時間を差し引いた稼働時間との率を設定する。

データ取得方法

⇒ベンダーのサーバシステムにより稼働時間を計測し、所定のサービス時間との率を計算して取得する。

計算式

⇒実際の稼働時間/所定のサービス時間

(なお、計画的停止時間は所定のサービス時間から差し引く)

② セキュリティ

第二のSLA主要項目の「セキュリティ」は下記の4つの詳細項目によって構成する。

○利用者認証度：ID・パスワード・それ以上の認証方法を認証方法として具備する。「それ以上の認証方法」とは、例えば電子証明を発行して、それにより認証することで認証強度を上げる方法などである。

○データの完全性保証度：バックアップに原本性保証¹⁹を具備する。た

¹⁹原本性保証：財団法人ニューメディア開発協会の原本性保証システムガイドラインによると(A)改ざん、(B)システム障害による電子文書等の内容の消失・変化、(C)記録媒体の経年劣化、(D)電子文書等の盗難・漏えい・盗み見、(E)見読性の欠如、(F)電子文

だし、原本性保証にはいくつかの手法があるので、個別に契約上で明確化する。

○データリカバリ：あらかじめ設定した時点（トラブル発生時点より1週間前まで等）までのデータを確保して、万が一の際に利用者にそのデータを再度提供できるようにする。

○情報保存期間：データの保存期間をあらかじめ設定する（たとえば30年保存など）。

③ 性能

第三のSLA主要項目の「性能」は、下記の3つの詳細項目から構成する。

●オンライン応答時間遵守率：サーバシステムがあらかじめ決められたレスポンスタイムを順守できているか否かをテスト件数の率で設定する。

データ取得方法

⇒対象のサーバシステムに、一定間隔のテスト信号などにより応答時間を計測する機能を具備して取得する。

計算式

⇒基準時間内応答件数/テスト信号回数

●バッチ処理時間遵守率：一定のバッチ処理が、所定の時間に処理できた件数と全体の件数の率を設定する。

データ取得方法

⇒ベンダーのサーバシステムによりバッチごとの処理時間を計測して記録して取得する。

計算式

⇒基準時間以内に処理できたバッチ処理数/全体のバッチ処理件数

●単位時間あたりの処理件数遵守率：一定の最大処理件数が処理できた件数と全体の件数の率を設定する。

書保存・管理の責任やその権限の不明確化、(G)コンピュータウイルスによる破壊・消去に対応することとなっている。

データ取得方法

⇒ベンダーのサーバシステムによりシステムごとに単位時間の処理件数を計測して取得する。

計算式

⇒単位時間あたりの処理件数/基準処理件数

④ サービスサポートの作業品質

第四のSLA主要項目の「サービスサポートの作業品質」については、下記の5つの詳細項目から構成する。

- 放棄率：電話やメールでの応答を、なんらかの事情によって対応できずに放棄してしまった件数と全体の件数の率を設定する。

データ取得方法

⇒コールセンターの記録もしくは計測システムによって計測して取得する。

計算式

⇒放棄件数/全問い合わせ件数

- バックログ率：問い合わせ時にその時は対応できず、再度連絡とすることで一旦電話を切った件数と全問い合わせ件数の率を設定する。

データ取得方法

⇒コールセンターのバックログ記録、もしくはその計測システムによりバックログ件数を計測して取得する。

計算式

⇒バックログ件数/全問い合わせ件数

- 再コール比率：問い合わせに対して、一度対応を完了したが、同じ事案で同じ人から再度問い合わせを受けた件数と全体コール件数との率を設定する。

データ取得方法

⇒コールセンターの再コール記録、もしくはその計測システムにより同一番号からの再コール計測から件数を記録して取得する。

計算式

⇒再コール件数/全問い合わせ件数

- 基準時間完了率：1回の問い合わせで対応が完了する制限時間をあらかじめ決めておき、その制限時間内で完了した件数と全体コール数との率を設定する。

データ取得方法

⇒コールセンターの基準内完了記録、もしくはその計測システムにより基準内完了件数を記録して取得する。

計算式

⇒基準内完了件数/全問い合わせ件数

- 応答時間遵守率：問い合わせ電話が鳴り、応答するまでの時間で一定の制限時間をあらかじめ決めておき、それを遵守できた件数と全体コール数との率を設定する。

データ取得方法

⇒コールセンターの応答時間記録、もしくはその計測システムにより応答時間計測から基準内件数を記録して取得する。

計算式

⇒基準内応答時間遵守件数/全問い合わせ件数

(3) SLA の見直しルール

SLA は、継続的に運用するため、契約時に設定したレベル値と項目について、見直しながら適切に運用することが必要となる。

よって、見直しルールを下記のように設定し、事前に確認することとした。

- ① 調達時に SLA を自治体側が提示
- ② 契約書の付帯資料として SLA を添付
- ③ 一定期間経過後に、SLA 実績を把握し、SLA 項目と数値を見直す

4.4.3 具体的なアプリケーション別レベル値の設定プロセス

前節で検討した SLA 項目ごとに、具体的なサービスのレベル値を設定した。これらレベル値は、当時は参照する事例がないことから、下記のようなプロセスによって設定した。

- (1) 筆者と実務経験者の数名の小グループで素案を作成
参照する事例が存在しないため、利用者にとってのメリットとベンダーが現実に対応可能な範囲を議論して素案を検討した。
- (2) 業界団体メンバーと当局で WG を設置し、素案から原案を作成
- (3) 有識者による正式な検討委員会で、原案についてオーソライズを実施 (Step4)
- (4) 項目とレベル値の設定は下記のように実施

2000 年に発行された W. Maurer らによる「A Guide to Successful SLA Development and Management」[5]を方向性としての参考とし、詳細はそれ以前に例がないことから独自に検討して作成した。

①SLA 項目別のレベル値設定

- ◆レベル値は、現場での運用と実際の結果管理を配慮し、あまり細かくなりすぎないことを方針とした。
- ◆具体的には、レベル値を ABC 3つのパターン（高中低）に分類し、具体的な数値を設定した。まず、最も高いレベル値 A と、最も低くそれ以下はないと考えられるレベル値 C を設定し、その中間値としてレベル値 B を設定した。
- ◆追加的に、「SLA 設定値を設定しない」という D レベルを設定した。

③アプリケーション別レベル値の設定

- ◆電子自治体アプリケーションのすべてである 43 種類を特定した。
- ◆上記の素案作成グループの数名でアプリケーション別に、3つのレベル値 ABC を当てはめた。

4.4.4 レベル値の設定結果

上記の設定プロセスによって、下記のように具体的な SLA のレベル値を設定した。表の見方は下記のとおりである。

表 4-4 の中の ABCD の標記は、表 4-3 の ABCD に対応する。D については、特に設定せず自治体ごとアプリケーションごとに個別に設定するものとした。

たとえば、表 4-4 の庁内における情報系の文書管理での、文書目録検索においては、サービス時間が B となっているが、これは表 4-3 のサービス時間の B レベル、すなわち 8:00～20:00 に稼働しているサービスであるということである。また同様に、表 4-4 での庁内・業務系の公共 ERP における人事給与での可用性の稼働率が B であるというのは、表 4-3 に記載されている可用性の稼働率が 99%以上に対応する。

表 4-3：SLA 主要項目とレベル値

サービスレベル主要規定項目			サービスレベル			
			レベルA (上位レベル)	レベルB (中位レベル)	レベルC (下位レベル)	レベルD
可用性	サービス時間	アプリ+セキュリティ	365日24時間	平日8:00～20:00	特定時間帯のみ	規定無し
		サービスサポート	365日8:00～20:00	平日9:00～17:00	特定時間帯のみ	規定無し
	稼働率		99.5%以上	99%以上	95%以上	規定無し
セキュリティ	利用者認証		ID+パスワード+上位の認証方法	ID+パスワード	規定無し	規定無し
	データの完全性保証		データバックアップ+原本性確保+媒体隔離保存	データバックアップ+原本性確保	データバックアップ	規定無し
	データリカバリ		障害直前・ランザクションまで復旧	前日バックアップデータまで復旧	前日・複数日前バックアップデータまで復旧	規定なし
	情報保存期間		30年以上～永年	5年以上～30年未満	1年～5年未満	規定無し
性能	オンライン応答時間遵守率		3秒以下の遵守率80%以上	60秒以下の遵守率80%以上	3分以下の遵守率80%以上	規定無し
	バッチ処理時間遵守率		99.9%以上	90%以上	80%以上	規定無し
	単位時間あたりの最大処理件数遵守率		99%以上	90%以上	80%以上	規定無し
サービスサポートの作業品質	放棄率		全コールの5%未満	全コールの10%未満	全コールの20%未満	規定無し
	バックログ率		全要求件数の5%未満	全要求件数の10%未満	全要求件数の20%未満	規定無し
	再コール比率		全要求件数の5%未満	全要求件数の10%未満	全要求件数の15%未満	規定無し
	基準時間完了率		全要求件数の90%以上	全要求件数の80%以上	全要求件数の70%以上	規定無し
	応答時間遵守率		30秒以内90%以上	30秒以内80%以上	30秒以内70%以上	規定無し

表 4-4：アプリケーション別 SLA とレベル その 1

サービスレベル 主要規定項目 業務			可用性		セキュリティ				性能			サービスサポート作業品質				
			サービス時間	稼働率	利用者認証度	データの完全性保証度	データの利便性	情報保存期間	オンライン応答時間遵守率	バッチ処理時間遵守率	単位時間あたりの最大処理件数遵守率	放棄率	バックログ率	再コール比率	基準時間完了率	応答時間遵守率
庁内	情報系	グループウェア	電子メール	A	B	B	C	C	C	—		C	C	C	C	C
			電子掲示板	A	B	B	C	C	C			C	C	C	C	C
			スケジュール管理	B	C	B	C	C	C	—	—	C	C	C	C	C
			施設等管理	B	C	B	C	C	C			C	C	C	C	C
			電子会議	A	B	B	C	C	—			C	C	C	C	C
	文書管理	文書管理	文書目録検索	B	C	C	C	C	B	C		C	C	C	C	C
			行政・統計文書	B	C	C	A	A	A	C		C	C	C	C	C
			公開情報文書	B	C	C	C	C	B	C	—	C	C	C	C	C
			条例・規則	B	C	C	A	A	A	C		C	C	C	C	C
			議事録・会議録	B	C	C	A	A	A	C		C	C	C	C	C
	業務系	公共ERP	財務会計	B	B	B	A	A	B	B	B	C	C	C	C	C
			人事給与(人事管理・給与・年金)	B	B	B	A	A	B	B	B	C	C	C	C	C
			購買	D	C	C	C	A	C	C	C	C	C	C	C	C
			電子決裁	B	B	C	A	A	C	B	B	C	C	C	C	C

表 4-5：アプリケーション別 SLA とレベル その2

サービスレベル 主要規定項目 業務				可用性		セキュリティ				性能			サービスサポート作業品質				
				サービス時間	稼働率	利用者認証度	データの完全性保証度	データの利便性	情報保存期間	オンライン応答時間遵守率	バッチ処理時間遵守率	単位時間あたりの最大処理件数遵守率	放棄率	バックログ率	再コール比率	基準時間完了率	応答時間遵守率
庁内	業務系	住民情報	住民基本台帳	B	C	A	A	A	B	C	C	C	C	C	C	C	
			印鑑登録	B	C	A	A	A	B	C	C	C	C	C	C	C	
			外国人登録	B	C	A	A	A	B	C	C	C	C	C	C	C	
			戸籍登録	B	C	A	A	A	A	C	C	C	C	C	C	C	
			市町村税賦課 (住民税・固定資産税・軽自動車税・国民健康保険・介護保険料)	B	C	A	A	A	B	C	C	C	C	C	C	C	
			年金	B	C	A	A	A	B	C	C	C	C	C	C	C	
			市町村税収納	B	C	A	A	A	B	C	C	C	C	C	C	C	
			福祉・介護関連	B	C	A	A	A	B	C	C	C	C	C	C	C	
		窓口業務	申請・届出	B	B	A	A	A	C	B			B	C	C	B	B
			申告	B	B	A	A	A	C	B			B	C	C	B	B
			証明書交付	B	B	A	A	A	C	B	—	—	B	C	C	C	C
			納付・決済	B	B	A	A	A	C	B			B	C	C	B	B
			入札・調達	B	B	A	A	A	C	B			B	C	C	B	B
	その他	土木積算	B	C	B	C	A	C	B			B	B	C	C	C	
		上下水道管理	B	C	B	C	A	C	B			B	B	C	C	C	
		教育委員会(学齢簿管理)	B	C	B	C	B	C	B			B	B	C	C	C	
		選挙管理委員会(準備・集計の一部)	C	C	B	B	A	C	B			B	B	B	B	B	
		入札・調達管理業務	B	B	B	B	A	B	C			C	C	C	C	C	

表 4-6：アプリケーション別 SLA とレベル その 3

サービスレベル 主要規定項目			可用性		セキュリティ			性能			サービスサポート作業品質					
			サービス時間	稼働率	利用者認証度	データの完全性保証度	データリカバリ	情報保存期間	オンライン応答時間遵守率	バッチ処理時間遵守率	単位時間あたりの最大処理件数遵守率	放棄率	バックログ比率	再コール比率	基準時間完了率	応答時間遵守率
業務																
庁外	情報系	・電子文書目録検索	A	C	C	C	C	C	C			C	C	C	C	C
		・電子公開情報検索	A	C	C	C	C	C	C			C	C	C	C	C
		・電子条例・規則検索	A	C	C	C	C	C	C	—	—	C	C	C	C	C
		・電子案内板	A	C	C	C	B	C	C			C	C	C	C	C
		・電子公聴・相談	A	C	C	C	B	C	C			C	C	C	C	C
		・電子案内・予約(公共施設)	A	C	C	C	B	C	C			C	C	C	C	C
	業務系	・電子申請・届出	A	C	A	A	A	C	C			B	B	B	B	B
		・電子申告	A	C	A	A	A	C	C	—	—	B	B	B	B	B
		・電子納付・決済	A	C	A	A	A	C	C			B	B	B	B	B
		・電子入札・調達	A	C	A	A	A	C	C			B	B	B	B	B

4.5 ガイドラインを活用するための補足

前述の 4.4 節で述べた SLA を活用する以前に、自治体では NC のサービスを活用する以前の状況にあり、活用と運用について共有する必要があった。

そこで、このガイドラインの冒頭において、まず NC のサービスによる契約形態についてオーソライズし、さらに運用について加えた。

4.5.1 ガイドラインを活用するための契約形態の提示

当時の自治体では、SLA を論じる以前に、IT システムの購入形態が年度予算による資産（ハードソフト）の買い取り形式が基本となっており、NC そのものの IT の調達対象として正式に認知されていない状況にあった。そのため、NC のサービスを利用し料金を支払う方式は通常のことではなかったことから、NC を IT の調達対象としてオーソライズする必要があった。そこで、ガイドラインの冒頭で、アウトソーシングの形態として、XSP（当時の官公庁における NC の一つの呼称）を加えることを記述し、オーソライズした。

（１） 単独開発・運用アウトソーシング方式

この契約方式は、従来からあるもので、図 4-3 に示すようにハードウェアを自治体庁舎に設置し、ソフトウェアは開発して購入し、運用のみ民間 IT 企業にアウトソーシングする方法をガイドに記載した。この記述は、後述の NC による契約と合わせて、自治体の IT 購入契約方式を多用化させるための記述である。

（２） 共同開発・共同運用アウトソーシング方式

これも（１）と同様に従来の契約方式について示しており、図 4-4 に示すようにハードウェアは自治体庁舎に設置し、ソフトウェアは開発していくつかの自治体が共同で購入し、運用も共同で民間 IT 企業にアウトソーシングする方法である。

（３） 共同サービス購入方式

図 4-5 は、上記の 2 つとは異なり、NC（当時は ASP の A をアプリケーション以外のサービスを含めるということで X として、XSP と呼んでいた）のサービスの形態で契約し、契約主体を自治体共同による事務組合もしくは代表自治体とするものである。

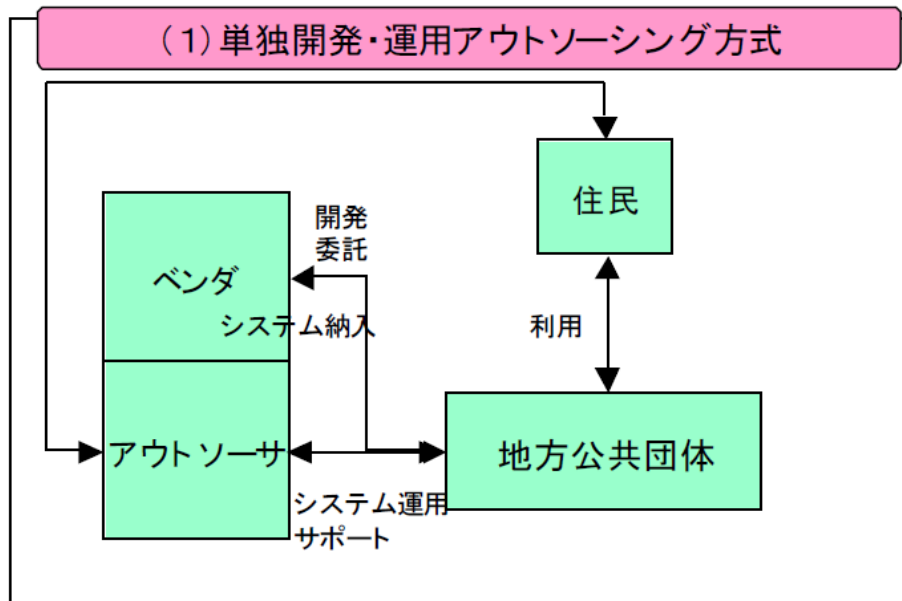


図 4-3：単独開発・運用アウトソーシング方式

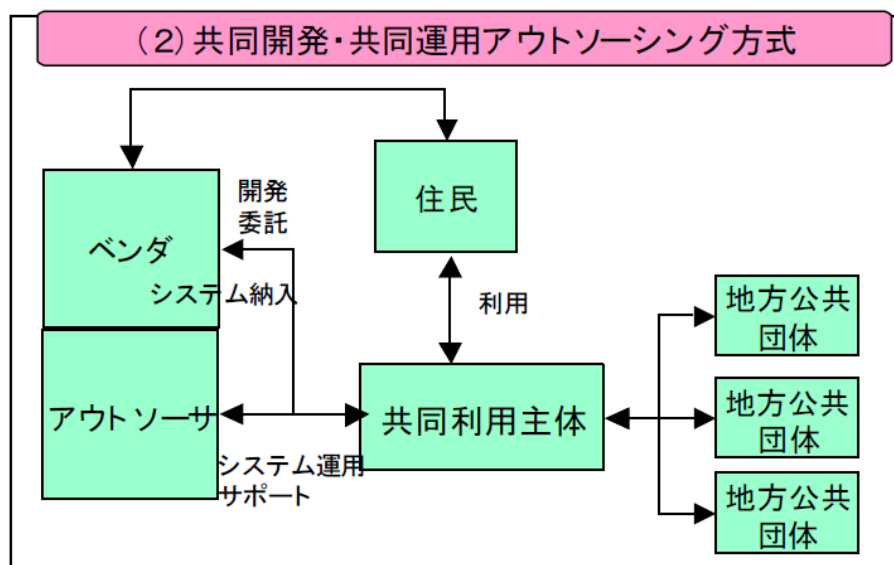


図 4-4：共同開発・共同運用アウトソーシング方式

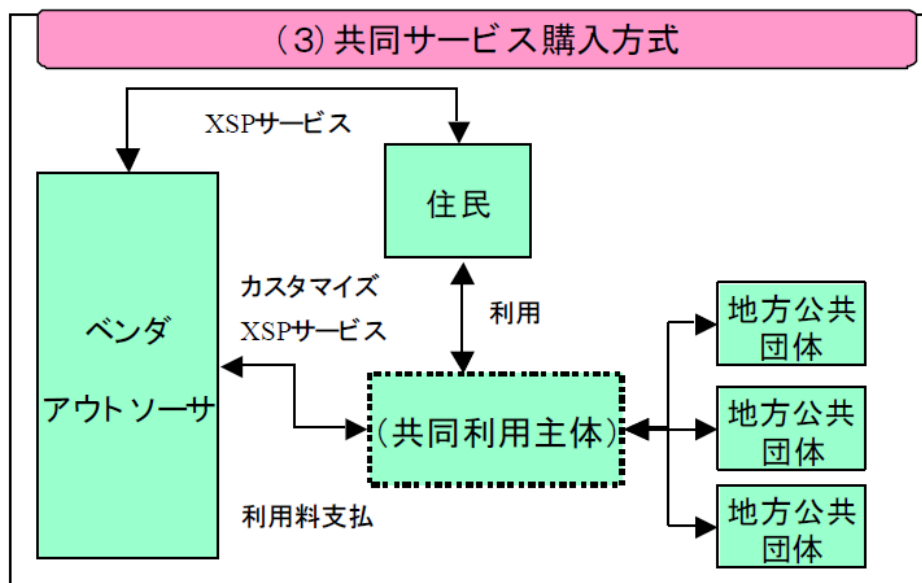


図 4-5：共同サービス購入方式

(4) 全国共通サービス方式

図 4-6 は、上記と同様に NC を活用する方式で、いわゆる自治体用の共通サービスを購入する ASP・SaaS の方式である。

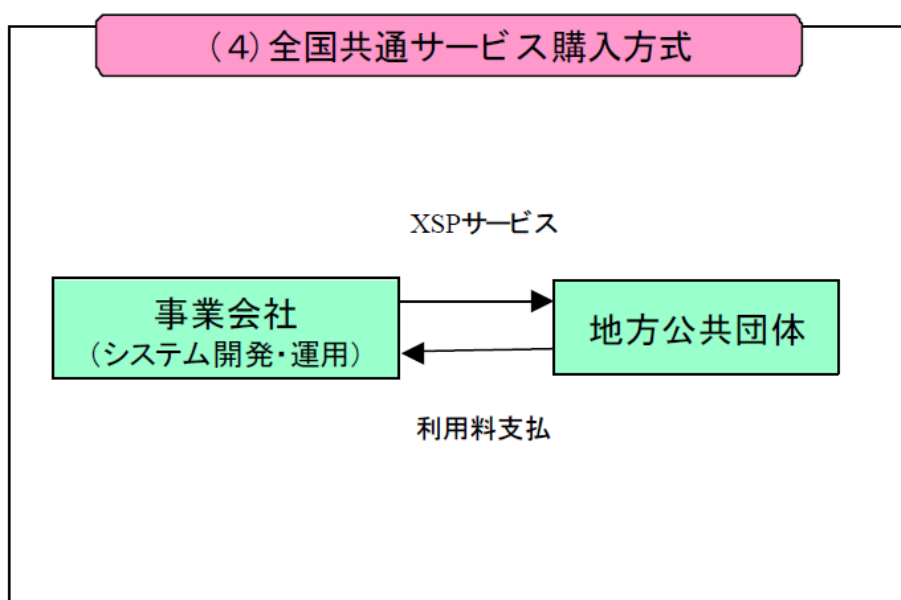


図 4-6：全国共通サービス購入方式

以上のように、SLA をガイドに記載する上で、NC の利用を 2 つのモデルで記載しそれらをオーソライズして、電子自治体においても、NC を利用することが周知されるように記載した。

4.5.2 運用方法

実際のSLAの運用は、自治体のシステムの調達において、具体的にSLAの設定や運用をどのように進めるかが重要となる。

そこで、ガイドラインでは、共同利用型アウトソーシングのプロジェクト推進プロセスを例にして、図4-7に示すような計画－実施－評価－改善の仕組みも合わせて記述した。



図 4-7：共同利用アウトソーシングの自治体システム調達における SLA の運用

以下では、図 4-7 の（１）～（１３）について説明する。そのプロセスの中で（４）以降で SLA が関係する。

（１）共同利用主体の設立

① 組織構成の検討

共同利用を行いたいと希望する地方公共団体により協議会等の協議組織を設置する。協議会等の設置方法は、

- ◆代表公共団体主宰型
- ◆協議会連携型
- ◆共同化法人型

が考えられ、地域の実情にあわせて選択することが望ましい。

契約にあたっては、代表地方公共団体が契約を行う方法、個々の地方公共団体が個別契約を行う方法と、法人を設置し当該法人が契約する方法を設定する。

法人を設置する場合には、法人の形態（財団法人、一部事務組合、広域連合等）、業務内容、人員配置等を検討する必要がある。

また、協議会等でセキュリティポリシーの標準準則を定める等により、全体及び個々の団体でのセキュリティポリシーの策定及びセキュリティ体制の整備を進める必要がある。

② 基本構想の策定

共同利用に関して、参加地方公共団体の範囲、対象アプリケーションやサービスの範囲、スケジュール、概略コスト等についての基本構想を策定する。

③ 共同利用への参加自治体のコストシェアの検討

共同利用を行うための当初費用、運営費用をどのように負担するかルールを作成する。人口比、職員数比、財政規模等で配分する方法、実績に基づく方法等のうち、最適な方法を定める。

また、後から共同利用主体に参加する地方公共団体のコストシェアのルールも定める。

（２）対象範囲の検討

共同利用を行うアプリケーション（電子申請、財務会計、文書管理システム等）を設定する。さらに、サービスサポート、セキュリティ、ホスティング、ネットワーク、ハウジングの各サービスの組み合わせを選択する。公的主体が所有・管理する公共データセンターを利用する場合には、公共管理部分とアウトソーシングする部分の切り分けが必要である。

（３）基本設計の調達

調達方式の検討を行い、調達方法を決定する。調達仕様書を作成し、企画提案コンペ方式または一般競争入札方式で基本設計を行う企業等を選定し、契約を行う。

（４）基本設計

地方公共団体ごとに既存システムの現状、共同利用を行うアプリケーション導入に関する業務分析を行い、地方公共団体間で共通のシステム要件、業務の標準化を検討する。

業務要件を整理し、利用するシステムの機能、業務フロー、基盤要件、費用対効果の検討、サービス運用の検討等、基本設計を行う。

また、基本的なサービス条件を規定する基本 SLA 構成要素（対象サービスメニュー、SLA 評価項目、SLA 設定値等）についても定める。また、著作権の帰属方式についても検討を加える。

ガイドラインを参考に、サービス品質を規定する。

① サービスメニュー

（例：電子申請業務提供サービス等）

② SLA 評価項目

サービス品質を設定・評価するための主要 SLA 項目

（例：稼働率、オンライン応答時間、バッチ処理時間遵守率等）

③ SLA 設定値

サービス品質評価を行うために必要な最低限の目標値を設定する。

（５）システム設計の調達

システム設計に関して、調達方式の検討を行い、調達方式を決定する。システム設計を行う企業等を選定し、契約を行い、システム設計を調達する。

（６） システム設計

共同利用を行うアプリケーション（電子申請、財務会計、文書管理システム等）について、システム設計を行う。

（７） システム開発の調達

システム開発に関して、アウトソーサとの調達方式を定める。

- ① 競争入札
- ② 総合評価競争入札方式

が考えられるが、共同利用型アウトソーシングの場合には、総合評価することが適当である。

（８） システム開発

スケジュールの進捗や構築・テスト検証等のプロジェクト管理を行う。ここで、システムに関する SLA 評価項目の設定値測定が可能になるように設計に反映する。

もし、測定値が設定値と大きく異なる場合は、設定値に近づくようシステム構成、設定、運用方法等の改善と最適化を図ることを調達時に盛り込む（サービスレベルマネジメント）。

（９） サービス運用と SLA の運用

サービス運用について、システム開発と同様に調達を行う。運用においては、SLA 評価項目ごとの設定値の確認、利用料金、免責事項、委託者の管理義務等を明示したサービス提供契約を締結する。場合によっては、ペナルティに関する事項を設定することも検討される。

契約中にトラブルが生じ、稼働率等の SLA が達成できない場合は、一旦はサービス運用業者に対して、SLA を達成できないという評価を与える。その後、トラブルの原因がサービス運用業者ではなく、サービス開発業者にあったことが明らかになった場合には、トラブルが生じた時点に戻り、サービス運用業者への評価を是正する。場合によっては、サービス開発業者の責任について、別途検討する。

(10) 試験運用

業務移行及びデータ移行を行い、一定期間、サービスの試験的運用を行って、適正に稼動することを確認する。問題がある場合、サービス運用設計の見直しを図る。円滑な運用を図るため、共同利用主体、個別地方公共団体職員の研修を行うことも必要である。

(11) ～ (13) 試験運用/サービス運用/評価

試験運用と実際のサービス運用において、SLA の状況を把握し、問題があれば見直しをかけることを検討する。

このようなプロセスによって、SLA ガイドライン原案が作成され、Step4 において検討委員会で審査され完成し、「公共 IT のアウトソーシングに関するガイドライン」として発行された。

4.5.3 SLA ガイドラインの維持継続と改定

この SLA ガイドラインの巻末には、維持継続するにあたって、改定して改善していくことについて下記のように記述した。

「公共 IT アウトソーシングの分野においては、今後とも技術的進展（IPv6 等への対応）が絶え間なく起こっていく。他方、公共 IT を取り巻く社会環境自体も今後変化していくと考えられる。よって、SLA や契約のあり方についても本ガイドラインが最終的なものではなく、今後の技術的進展、社会的変化に対応していくことが必要である。」

よって、業界としても、受託した NC のサービスについて運用経過を把握し、当局においてもそれらの情報を収集し、相互に改訂していく仕組みを構築することによって、内容を充実かつ現実に合うようにしていくこととした。

4.6 活用事例

4.6.1 自治体での活用

このガイドラインでは、具体的な SLA 項目、アプリケーション別の SLA レベル値、見直し運用ルーチンにまで言及し、極めて具体的なものとして発行した。

その結果各地域で参照され、事例として大阪市において図 4-8 のような SLA ガイドラインが作成され、3 回に渡って改訂が実施され継続的に運用されている。

また、この大阪市のガイドラインの記述には、表 4-7 に示すような、筆者が事務局として作成した「公共 IT のアウトソーシングに関するガイドライン」を参照したことが記載されている。さらに、表 4-8 に示すように、この大阪市の SLA ガイドラインは、3 回に渡って改訂され 2014 年現在でも運用されている。

また、甲府市、柏崎市等多くの自治体において IT 調達関連の方針にも、それまでにはない「SLA」について記載され、運用することとしている。



図 4-8 : 大阪市の自治体 IT 調達における SLA ガイドライン

表 4-7：大阪市 SLA ガイドラインにおける政府ガイドラインの参照の記述

1 情報システムのアウトソーシングに関する SLA の適用
<p>情報システムのアウトソーシングを行う際の SLA の適用については次の資料を参考にします。</p> <p>「公共 IT におけるアウトソーシングに関するガイドライン」(総務省 平成 15 年 3 月)</p>

表 4-8：大阪市 SLA ガイドラインの改定履歴

改定履歴	
改定日付	改定概要
平成 21 年 4 月 1 日	新規作成
平成 21 年 5 月 27 日	IT 関連構成図差換え
平成 23 年 4 月 1 日	『「行政事務における情報通信の技術の適正な利用の推進に関する規程」の改正(平成 23 年 4 月 1 日付改正)』等に伴う変更

4.6.2 自治体におけるサービス間連携

このガイドラインによって NC の活用と SLA について、普及啓蒙がはかれたことから、具体化が始まり、自治体においてもサービス間連携が具体的に必要となってきた。

そこで、図 4-9 に示すガイドライン改訂（名称は変更され、地方公共団体における ASP・SaaS 導入ガイドライン[26]とされた）において、サービス間連携を明記し、具体的にサービス間連携と SLA の関係も記述された。

具体的には、「既存システムと NC のサービスとの連携」と「NC のサービス同志の間の連携」について、そのためのインターフェース仕様について記述され、また連携するサービスのセキュリティ、連携するサービスのデータ管理について留意するように記述されている。

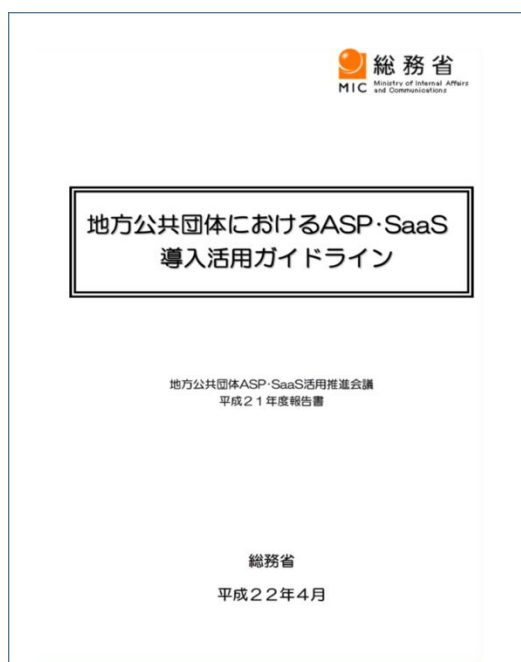


図 4-9：自治体向けガイドラインの改定

4.6.3 民間分野への SLA 展開とサービス間連携

これらの電子自治体 SLA ガイドを参照し、経済産業省関連外郭団体である社団法人電子情報技術産業協会（JEITA）において、2005 年には図 4-10 に示すような民間向け SLA ガイドライン[27]が作成された。このガイドラインは、図 4-11、図 4-12 に示すように、2006 年度版[28]と 2012 年度版[29]が継続的に改訂されている。

特にこの過程で、サービス間連携に関連して、図 4-13 に示すように 2008 年に JEITA から「民間向け IT システム SLA ガイドラインー追補版：SaaS 対応編」[30]が発行され、その中で下記のような記述がされている。

- (1) 「SaaS を利用するメリット」として、「SOA²⁰により複数のアプリケーションの連携が可能である。」と記述している。
- (2) 「本書の特徴」として「サービス提供者が他ベンダーとの間で SLA を締結する際の参考として、システム要件からのサービスレベル項目を活用できる。」と記述している。

²⁰ SOA : Service-Oriented Architecture の略で、サービス指向アーキテクチャ。コンピュータのソフトウェア機能をサービスと見立て、そのサービスをネットワーク上で連携させてシステムの全体を構築していく技術群と考え方。業務処理の変化をシステムの変更に素早く反映させたいという需要に応えうるものとして、2004 年頃から IT 業界において注目され、NC の普及台頭とともに、その必要性がさらに重要視されるようになってきた。



図 4-10：2005 年発行 民間企業向け SLA ガイドライン

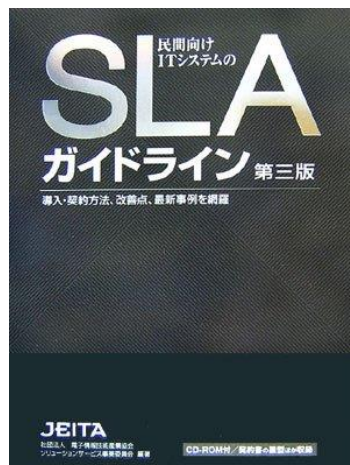


図 4-11：2006 年発行 民間企業向け SLA ガイドライン

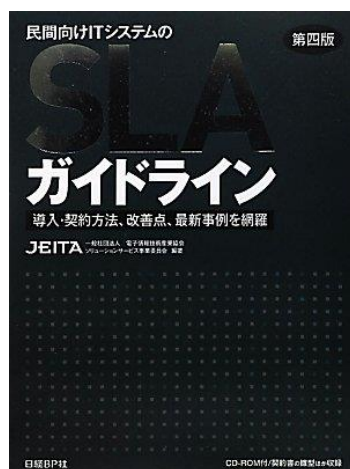


図 4-12：2012 年発行 民間企業向け SLA ガイドライン

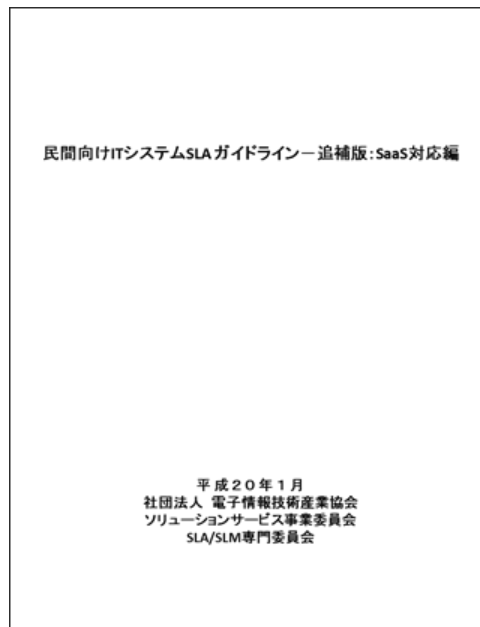


図 4-13：民間向け SLA ガイドライン追補版（2008 年発行）

このような SLA の共通化の流れの中で、NC のサービス提供者（業界では SaaS ベンダーと呼称している）が、表 4-8 の例のように SLA を公表するようになってきた。

これらのサービスは代表的な 2 つのグループウェアの例だが、2 つともサービス間連携についても表示しており、その方法についても API 公開等により具現化している。これによって、SLA を参照しつつ、その他の NC のサービスとサービス間連携が実現する状況となっている。

表 4-9：民間企業向け NC サービスの SLA 表示とサービス間連携

No.	サービスベンダー名	サービス名	サービス種類	SLA表示(2014年11月現在)
1	サイボーズ	サイボーズOffice&Bizメール	グループウェア	◆サービス提供: 24時間365日 ◆稼働率: 99.95% ◆問い合わせサポート: 9:00～17:00 ◆サービス間連携: APIを公開し機能説明・初期設定をサポート ◆セキュリティ: SSL+ID+パスワードに加え IPアドレスによるアクセス制限を追加可能
2	デスクネッツ	デスクネッツNEO	グループウェア	◆サービス提供: 24時間365日 ◆稼働率: 99.5% ◆問い合わせサポート: 9:00～18:00 ◆サービス間連携連携: スマートフォンアドレス帳連携など個別にサービス提供 ◆セキュリティ: SSL+ID+パスワードに加え IPアドレス+クライアント証明書による個人認証によるアクセス制限を追加可能 ◆バックアップ: 日単位でのデータバックアップ

4.7 まとめと今後の計画

2000 年前後になると、NC のサービスでは、サービスのデータや機能についてサービス間連携が可能となり、それによって NC は飛躍的に利便性を高める可能性が高くなった。

しかし、以下のような問題があった。

- ◆当時はサービスごとに品質やサポートが異なる基準で提供され、かつその基準をメタ情報として提供されていなかった。そのため、利用者はそれぞれのサービスについてどのような品質やサポートなのか知る手段が少なかった。
- ◆そこで、従来から通信分野で運用されていた、SLA を NC においても共通化しておく必要があったが、北米の例においてもデファクトスタンダードの獲得競争の中で、なかなか共通化ができない状況にあった。

そこで、国内における共通の SLA 基準を実現・普及するために、日本の国内状況に合った進め方として、下記のように展開を実施した。

- ◆日本の標準化推進の慣習を活用し、行政によるガイドラインとして SLA 基準を発行することとした。
- ◆対象分野は、ガイド作りの当局とサービスの利用者が同一の組織にある、電子自治体分野を選択した。
- ◆次のステップとして、民間企業の共通の SLA を担当する当局に、電子自治体の共通の SLA を解説し、参照を促すことによって、民間における共通の SLA 基準が設定される状況を作り、結果として企業向け SLA ガイドが発行された。

その結果、電子自治体および民間向け両方について、共通の SLA が設定され、全国に通知され周知された。

この共通の SLA によって、NC の第二の構成要素であるサービス間連携の利用が拡大しようとしていた重要な局面において、問題に有効な解決策を講じることができた。それによって、NC の普及実現に寄与することができた。

今後は、震災の経験からも電子自治体だけではなく、SLA の活用を推進しつつ、より広い分野に展開していきたい。

また、ビッグデータの活用における、サービス間連携も新しいアプローチとして考えられる。

第 5 章 NC のインフラの課題

～DC の消費電力の低減～

本章では、2005 年前後に、NC の重要な構成要素であるインフラについていくつかの問題があったが、その中で DC の消費電力低減について分析し、構成比が最も大きな DC の冷房について着目し、対応方法について検討、実験での検証結果を示し、その意義を明らかにする。

5.1 節では背景を述べ、5.2 節では DC の現状を説明して消費電力に着目した経緯について述べる。5.3 節では消費電力の中での空調エネルギーの位置付けについて説明し、5.4 節では DC の電力消費の低減について述べる。5.5 節では、実際に消費電力低減方法のアイデアについて実験した結果を評価し、5.6 節で本方式の実現について述べ、5.7 節でまとめと今後の方針を述べる。

5.1 背景

2005 年前後になると NC では様々なサービスが展開され、利活用も普及してきた。その際にインフラとしての DC に集約が始まり、そこでは、いくつかの問題があった。例えば、

- ◆サーバハードウェアの効率化のための仮想化
- ◆同様に、負荷分散
- ◆運用のためのサーバの遠隔監視や遠隔管理のためのツール
- ◆死活監視のための PING 監視

等々が研究・開発され、次第に問題が解決されてきていた。そのような中で、インフラとしての DC にコンピュータの集積が加速すると、DC の消費電力が大きなものとなってきた。しかし、従来からコンピュータ分野では消費電力に強い関心を払わない傾向があり、問題として認知されていなかった。

消費電力問題は、京都議定書や COP13・14・15 などの国際会議での議論やエネルギー資源問題などから、国家的にも世界的にも重要課題となっており、現状の延長線上で無制限に増大していくことが、人類にとって好ましいことではないことは世界的にも共有されようとしていた。

一方、この 10 年で ICT²¹関連の消費電力も、全体の消費電力に影響を及ぼす規模となりつつあることは、総務省「地球温暖化問題への対応に向けた ICT 政策に関する研究会」[16]および「グローバル時代における ICT 政策に関するタスクフォース 地球的課題検討部会」[31]でも明らかとなっている。

また、従来のコンピュータの利用形態である手元にハードウェアを設置して、そこにソフトウェアを動作させるモデルから、ネットワークを活用した NC が普及し始めており、マイクロソフトやグーグル、さらには富士通や NEC も事業展開の中心に位置付けている[23]。この形態ではサーバが主な機能を持ち、それらを設置する DC の消費電力が大きくなりつつある。

以上のことから、DC の消費電力低減は、大きな課題と捉えられる。そこで、本論文では、DC の消費電力を低減するため、データセンターの消費電力構成で最も占有率の大きな空調電力に着目し、一つの対策方法として、寒冷地における外気と雪氷を組み合わせた活用について研究する。

5.2 DC の状況

総務省「地球温暖化問題への対応に向けた ICT 政策に関する研究会」報告書[16]では、2007 年までの日本国内における DC の年間消費電力の調査結果が報告されており 2007 年には約 80 億 kWh となっている。その後、2008 年以降はミック経済研究所による DC 消費電力予測データ[32]が報告されており、2014 年には約 175 億 kWh にまで増大すると考えられている。それら 2 つの報告データを合成すると図 5-1 のようになり、DC の消費電力は大きく増大することが推定できる。

また、総務省の報告書では、図 5-2 に示すように DC 消費電力の内訳では、空調(Air Conditioning)44%、ファン(Fan)4%を占めており、サーバ(Server)などのコンピュータは 32%となっている。この空調電力の占有率の大きさは注目すべきことである。さらに 2020 年の ICT 電力消費の内訳について図 5-3 で見るとルータ(Router)と DC の空調(DC Air Conditioning)が、それぞれ 18%と 17%で、ほぼトップの位置を占めることが示されている。従来、省電力化のターゲットとしてはサーバの消費電力低減、中でも CPU の低消費電力化や、不要な部分のシステム停止など、コンピュータ関連装置の技術的対応に焦点を当ててきた。

そこで、本研究では DC 空調消費電力に着目し、その低減方法について提案し、さらに試算と実験によりその効果を実証する。

²¹ ICT : Information and Communication Technology の略で、総務省がコンピュータとネットワークの融合を意識し始めて、経済産業省の IT とは異なる言葉を設定した。

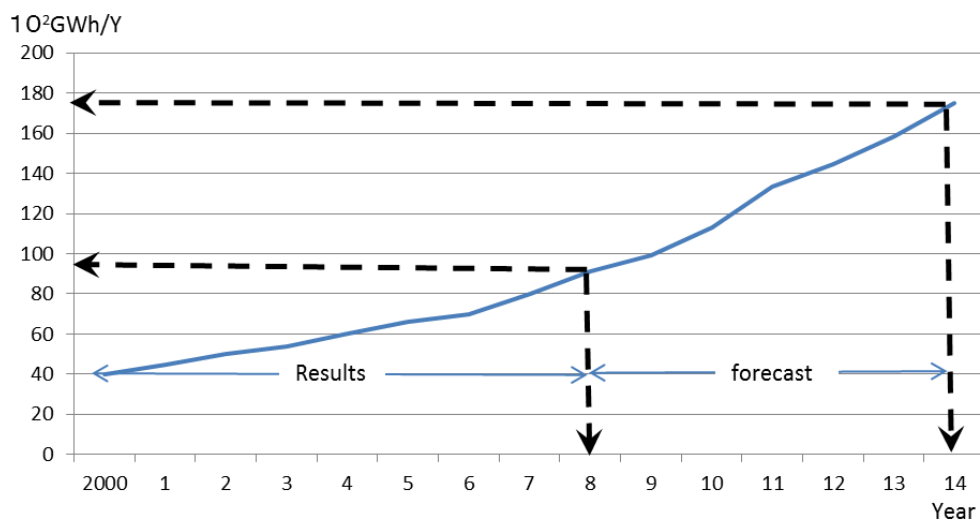


図 5-1：国内のデータセンター消費電力の推移 [16] [32]

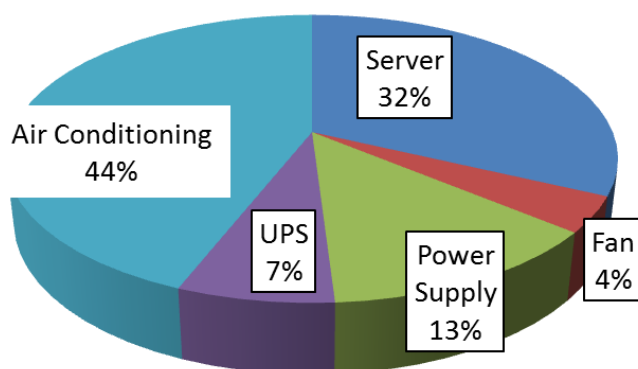


図 5-2：国内のデータセンター消費電力の構成 [16]

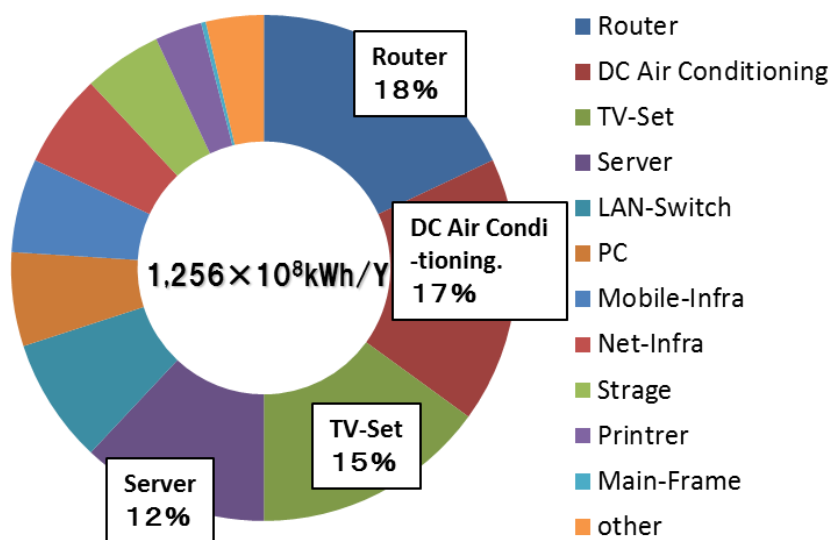


図 5-3 : 国内の ICT 消費電力構成の推定 [31]

5.3 従来の DC 空調方法と自然エネルギー利用

5.3.1 従来の DC 空調方法

一般的に DC で採用されている空調は、機械空調を活用して、サーバにとって適切な室温に制御するようになっており、これらにインバータ制御などを加えている（ここでの「機械空調」とは、冷媒による蒸気圧縮冷凍等によって、主に室内空気の冷房を実施する装置を指す）。DC においては、この機械空調が前述のように DC 電力消費の 44% を占め、今後の NC の増大に伴って大きな伸びが予測される。

最近では DC 特有のものとして、ホットアイル・コールドアイルと呼ばれる、サーバラックの数ラック～数十ラックを囲いで密閉し、空気の流れを一定方向に導いて空調することで、空調効率を高める方法が採用されつつある。しかし、業界での例では数%程度の低減効果が報告されており、一定の効果はあるが小規模な低減幅となっている。

本研究では、この DC の冷房に着目し、より大きく消費電力を低減（少なくとも空調の 50%～80%程度）するため、下記のような自然エネルギーを活用した空調方法を提案し、実験によって確認する。

5.3.2 DC 空調への自然エネルギー利用

従来の DC の空調方式である機械空調について、その中心である「冷氣生成工程」に着目し、それを自然エネルギーに代替する手法を検討する。自然エネルギーによる空調については、3つの方法が考えられる。

（1）地下水を活用する方法

DC の消費電力は仮に 2000 ラックで 1 ラックあたりのサーバ消費電力を 4kW とすると発生熱量は 8000kW となる。また、地下水の温度が 15℃程度[3]、DC 空調吹き出し温度を 18℃程度、国内における夏の最高気温が 35℃程度とすると、最大で温度差 17℃程度の冷房を実施する必要がある。その時の必要な水量を X リットル/min、比熱を 1.0cal/g/℃、水の密度 1.0g/cm³、1kW=860Kcal とすると

$$X \times 60 \text{ 分} \times 1.0 \times 1.0 \times 17 / 860 = 8000 \text{ kWh}$$

として、 $X \approx 6745$ リットル/min となる。よって、最大で 1 分間に 6500 リットル以上の大量の水を汲み上げる強力なポンプが必要であり、そのための消費電力が大きくなることが容易に想定できる。また、あまり多くの地下水を利用することは周辺地域の土地陥没などを引き起こすことや、地下水は継続的に一定水量の確保が難しく、年によって水量が変化することなどの課題が多い。

(2) 外気を利用する方法

外気を利用する方法に関しては、

- (i) 夏は外気が高温となり、DC の空調吹き出し温度 (18℃程度) 以上となる時期には利用できないこと。
- (ii) 実情として、国内の DC はほとんどが温暖な地域 (関東以西) に設置されている例が多く、外気を利用して空調を実施する期間が温暖地域では短いこと。
- (iii) 寒冷な地域では外気を利用できる期間が長くとれるが、一方で気温が低すぎる期間があり、低温な外気を取り込むとサーバールームとの温度差によって湿度が極端に低下し、コンピュータへの悪影響 (静電気発生など) が問題となること。

などから、現在の国内の DC では一部でのみ補完的に外気が利用されており、効果の高い寒冷地で大規模に活用されている事例はこれまで国内には存在していなかった [34]–[43]。

(3) 雪氷を利用する方法

寒冷地においても夏には一定期間ではあるが外気が高温になることで、空調に活用できない季節がある。ここで、寒冷地の降雪地域では、古くから農産物の雪室貯蔵の伝統があり、現在でも冬の雪を夏まで保存しておき夏に冷蔵・冷房に利用する方法について、実験事例がある [44]–[46]。DC での雪氷空調の活用は、少なくとも国内では事例がない。

5.4 DC 空調への外気と雪氷の活用方法

上記の方法の中で、外気と雪氷による空調方法については、いくつかの工夫によって課題解決の見込みがあるため、寒冷かつ降雪量の多い地域で運用する方法を提案する。

5.4.1 外気と雪氷によるハイブリッド冷房

図 5-4 に示すとおり、寒冷な時期および時間帯は図 5-4 の①の冷涼な外気を取り込んで冷房を実施し、温暖な時期および時間帯は図中の②の冬に保管しておいた雪から冷水を取り出して冷房を実施する「ハイブリッド冷房」を提案する。本方式は、DC に活用されている例はなく、もし実現できれば機械空調による冷氣生成を実施しないことと、外気導入と雪氷空調の電力消費が少ないことから、消費電力の低減が期待できる[47][48]。本研究ではこの方式の具体的方法と課題・解決法を示し、実験により低減効果を把握する[49]。

(1) 外気空調

外気を利用して DC を空調するには、空調吹き出し温度は 18℃程度が一般的であるため、仮に若干の余裕を配慮し外気温 16℃を切り替えターゲットとし、実際の切り替えは 1℃手前の 15℃に設定すると、外気温を計測して 15℃以下となる時期および時間帯に、外気取り込みを実施することとなる。具体的には図 5-4①に示すように外気を Air Conditioner に取り込み、サーバ室に送風する。外気から得られる空調エネルギーは極めて低消費電力かつ低コストで、かつ寒冷地では 15℃以下となる時期・時間帯が長期間に渡るため、大きな効果が得られる可能性がある。

(2) 雪氷空調

日本国内では夏季の最高気温が 15℃を下回る地域はほとんどなく、北海道など寒冷な地域においても夏季は 35℃前後になる日が発生する。よって、外気空調だけでは 1 年を通じて運用することは難しい。そこで、降雪の多い地域において、冬季に降る雪を一定量蓄積保管し、夏季の空調に活用する方法を合わせて提案する。具体的には、図 5-4②に示すように蓄積した雪氷から冷水を取り出し、熱交換により冷氣を生成して空調に活用する。

温度変化は、寒冷地として札幌、温暖な地域として東京をそれぞれ例にすると、表 5-1 および図 5-5 のような気温分布となっている（拡張アメダス 2008 年データより）。前述したように切り替え温度を 15℃とすると、外気空調と雪氷空調は図 5-5 の S1 と S2 の季節に分けて利用することとなる。

S1：外気温が 15℃未満の期間は、外気を中心に利用する。

S2：外気温が 15℃以上の期間は、雪氷を中心に利用する。

ただし、特に S1 と S2 の境界の前後の季節は、気温が時間によって 15℃前後に渡って変動するため、外気と雪氷空調を細かく切り替えて運用することとなる（図 5-5 の折れ線は、月間平均気温をプロットしており、ハイブリッド空調のイメージを理解しやすくするために、単純化して表現している）。

このモデルによって、年間を通じて機械空調を使用せずに済むこととなる。そこで、従来の機械空調と比較してこれらの方法によってどの程度電力を低減できるか、実験によって検証することとする。

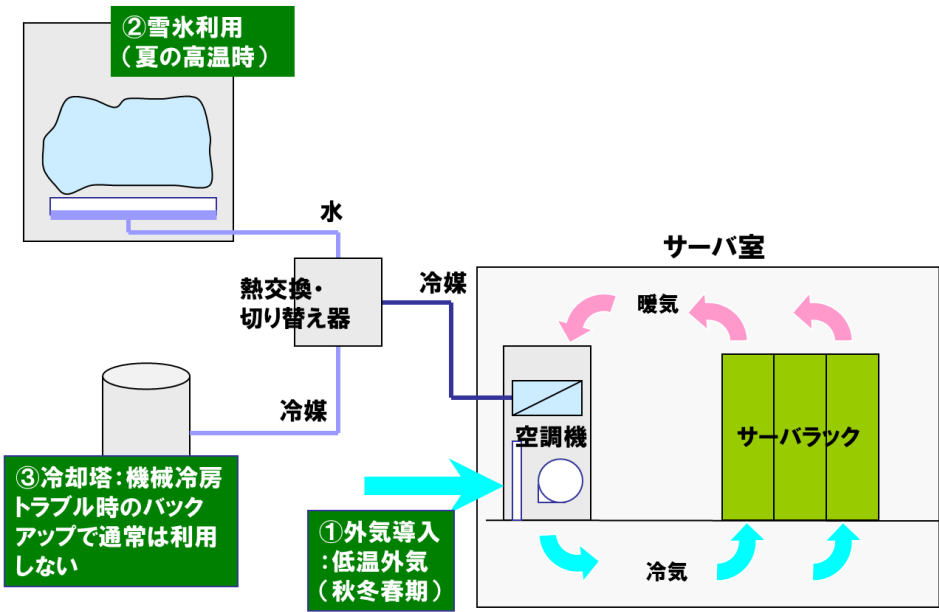


図 5-4：外気と雪氷によるハイブリッド空調

表 5-1：札幌と東京の平均温度（℃）

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
札幌	-4.4	-3.3	0.7	7.3	12.4	16.4	20.7	22.3	17.8	11.5	4.8	-0.6
東京	5.7	6.5	8.6	15.0	19.2	21.1	26.6	27.3	23.1	17.9	12.3	9.0

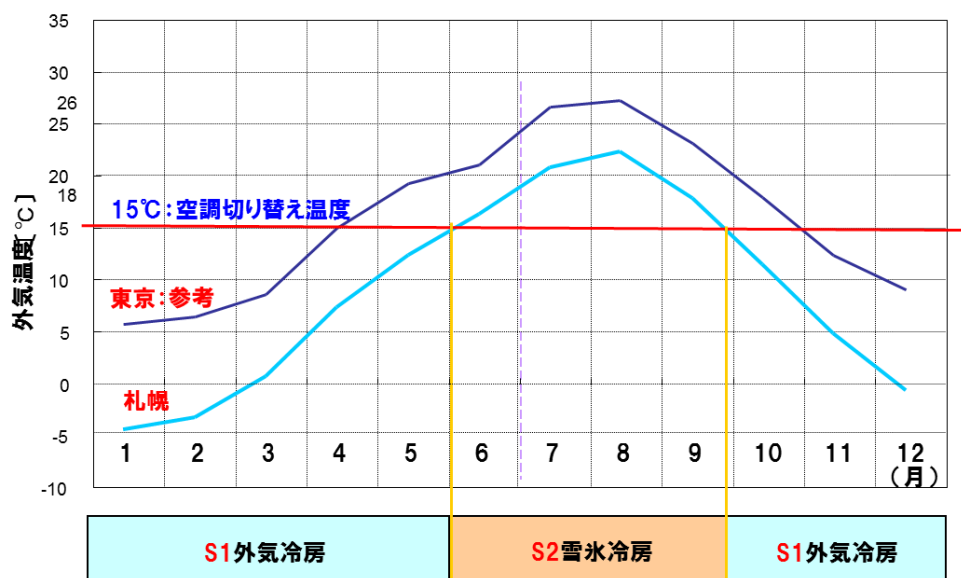


図 5-5：月別気温別の外気と雪氷による空調切り替え

DC 冷房への雪氷の利用について、それを運送するために必要となるとエネルギーと DC 冷房に必要な雪氷量について考察しておく。

(i) 雪の運送エネルギー

DC の雪氷空調のための雪の運送エネルギーが大きくなると、空調エネルギーを効率化しても効果が一部相殺されてしまうが、『雪を集めるためのトラック輸送は公共機関による除雪のために従来から発生（通常は自治体負担）しており、その近隣地域に DC を建設すれば、輸送する先を変更するのみで、新たに発生する部分は少ない。また、DC 用地は平地で広いスペースが必要となり、一般的に雪捨て場と類似する地域となっていることから、近隣となる可能性が高い』（石狩市企業誘致推進室）とのことであるため、運送先の変更による増加エネルギーも少ないと考えられる。ただし、もし DC と従来の雪捨て場が遠距離となる場合は、雪の運送距離が長くなる分のエネルギーを差し引いて効果を考える必要があるが、個々の事例において考察することとして、ここでは運送エネルギーの増加が大きくないという仮定で検討を進めていくこととする。

(ii) 必要な雪の量

DC を冷房するために必要な雪の量と、その実現性について検討する。まず、北海道石狩市の例で、除雪の雪捨て場としての雪山は 1 つあたり 50 万 m^3 程度で、それらが数カ所程度存在する。

一方で、一般的な DC 規模として 2000 ラックを例(国内では大規模なもの)としたときの、冷房に必要な雪氷量の概略試算を実施する。まず、表 5-2 に示すとおり、雪の 1 m³あたりの融解熱量は、

$$\begin{aligned} & \text{雪融解熱量/m}^3 \\ & = \text{密度} \times \text{融解潜熱} \times \text{係数} / 1000 \\ & = 650 \text{kg/m}^3 \times 80 \text{kcal/kg} \times 4.1868 / 1000 \\ & = 217.7 \text{MJ/m}^3 \end{aligned}$$

となる。そこで、1 ラックあたり 4kW のサーバで 2000 ラックを運用すると、表 5-3 に示す換算で発熱量は 28,800MJ/h となる。また、表 5-4 に示すように 15℃を超えて外気空調が活用できない時間（雪氷空調時間）が札幌では年間 2684 時間であることから、温度交換率を 0.78 とすると

$$\begin{aligned} & \text{必要熱量} \\ & = 28,800 \text{MJ/h} \times \Sigma (\text{雪氷冷房時間}) \\ & = 28,800 \text{MJ/h} \times 2684 \text{h} \\ & \div 1000 \times 77,299 \text{MJ} \\ & \text{総必要熱量} \\ & = \text{必要熱量} / \text{温度交換率} \\ & = 1000 \times 77,299 \text{MJ} / 0.78 \\ & \div 1000 \times 99,102 \text{MJ} \\ & \text{雪氷量} \\ & = \text{総必要熱量 MJ} / (\text{雪融解熱量/m}^3) \\ & = 1000 \times 99,102 \text{MJ} / (217.7 \text{MJ/m}^3) \\ & = 455,192 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

表 5-2：雪の融解熱量

		unit
Density of snow	650.0	kg/m ³
Melting heat of snow/kg	80.0	kcal/kg
Coefficient	4.1868	
MJ of snow/m ³	217.7	MJ/m ³

表 5-3：データセンターに必要な時間当たりの空調エネルギー

		unit
Electric power/rack	4	kW/rack
Number of racks in DC	2,000	rack
Coefficient	3.6	MJ/kWh
MJ/h(2000rack・5kW)	28,800	MJ/h

表 5-4：データセンターの雪氷冷房利用時間と必要な雪氷量

	d/m	h/m	h: 15°C～	rate	MJ (2krack・5kW)	Temp. ex. rate	MJ (2krack・5kW)	Volume of snow
JAN.	31	744	0	0.00%	0			
FEB.	29	696	0	0.00%	0			
MAR.	31	744	0	0.00%	0			
APR.	30	720	26	3.61%	748,800			
MAY.	31	744	107	14.38%	3,081,600			
JUN.	30	720	397	55.14%	11,433,600			
JUL.	31	744	728	97.85%	20,966,400			
AUG.	31	744	716	96.24%	20,620,800			
SEP.	30	720	532	73.89%	15,321,600			
OCT.	31	744	175	23.52%	5,040,000			
NOV.	30	720	3	0.42%	86,400			
DEC.	31	744	0	0.00%	0			
Y	366	8,784	2,684	30.56%	77,299,200	0.78	99,101,538	455,192
unit	day	hour	hour	%	Mega Joule		Mega Joule	m ³
				A=Σ (h × 28800)			B=A/0.78	C=B/217.7

結果として、必要な雪の量は表 5-2、表 5-3、表 5-4 に示すとおり、約 46 万 m³程度 (180m×180m×高さ 14m 程度の雪山)が必要と試算された。これは、融解量や蒸発量、さらには冷水を生成する過程での雪氷の減少分などを配慮しない場合の推定値であるため、これより実際にはさらに多くの雪氷が必要となるが、前述の北海道石狩地域における雪捨て場の量から、一定範囲の運用ができる可能性がある。

5.4.2 湿度管理の課題と対応方法

寒冷地において DC への外気活用は、前述のように極めて大きな電力削減が期待できるが、その反面で難しい問題がある。DC では湿度管理が厳密であるため、DC 空調に外気を活用する際に、外気温度が極端に低い場合に、空気中の水分の絶対量が非常に少ない状況になっている。その空気をサーバ室内に取り入れて、空気温度が大幅に上昇すると、相対湿度は大きく低下することとなる。この湿度が低すぎると、コンピュータの周辺に静電気が発生するなど、運用上で危険な状況になるため、湿度を制御（加湿）することが重要課題となる。

それらへの対応方法と工夫した結果を以下に述べる（DC の一般的な管理湿度は 35% 以上を維持することが必要とされている）。

（１）加湿の具体的な方法

加湿方法には、

- ・ 噴霧式
- ・ 自然加湿式（自然蒸発）

があるが、噴霧式はコンプレッサーによって水を霧状に噴出する方式で、大きな電力が必要となり、かつ設備コストも高い。また、市販水（水道）を利用すると空気中に不純物が混入してサーバの電子部品に悪い影響があるため、純水を利用することとなるが、純水を利用するとコストが大きく上昇する。そこで消費電力が低く、不純物を撒き散らさず、コストも低い「自然加湿方式」を採用することが適切と考えられる。寒冷地において、サーバを低温な外気で直接冷却して、冬季の低温下で外気導入した場合に急激に低下する湿度を、自然加湿方式で加湿する方法を採用した例は国内では存在しない。

この自然加湿方式の具体的方法として、消費電力が小さく構造が単純となる図 5-8 のような「滴下型自然加湿方式」を提案する。この方式は、網状の板に水を滴下させ、そこに風を吹きかけて水を蒸発させ、加湿する方法である。

（２）外気と戻り空気の混合による加湿幅縮小方法の提案

しかし、滴下型自然加湿方式を寒冷地 DC の外気冷房に活用するには、問題がある。外気温が低くなりすぎた場合に、必要とされる加湿幅が大きくなるため、加湿が間に合わない可能性があることである。

具体的には、図 5-6 の空気線図で①のラインで示すように、例として④点の外気（0℃ 相対湿度 40%）を DC 内部に導入し、サーバを冷却して 16℃に上昇したとすると、その湿度は⑥点の 7%以下となってしまう。これは、コンピュータの運用環境としては、静電気発生等の恐れがあり、適切ではない状況といえる。そこで、前述の表 2-1 にあるとおり、一般には 20～80%にすべきとされており、さらに国内においてより安全策を取り、下限を大きな余裕で、上限は若干の余裕とする傾向があることから、湿度の管理幅を 35～70%として、図 5-6 に示すように③点まで加湿することとする。その結果最低でも 30%以上、余裕を考えると 40～50%の加湿幅が必要となり、大きな加湿力が必要となる。

しかしこの加湿幅では、加湿力が強くない「滴下型自然加湿方式」が活用しにくいことから、加湿幅を縮小するための新しい工夫として、サーバルームからの戻り空気とのミキシング装置を新たに装備することとした。図 5-6 に示すように、サーバルームからの戻り空気（以下 RA と略す）が温度 22～26℃、湿度 35～55%程度すると、これを外気（0℃・40%）とで混合して冷却用の空気が生成され、②と③の間の温度湿度となる。これによって、小さな加湿幅とすることが可能となる。下限の②のライン上の場合混合空気を湿度 55%程度に制御可能でほぼ加湿は不要となる。また、上限の③のライン

上の場合は混合空気が湿度 40%程度となり加湿を必要とするが、その幅は 10%程度と小さな幅となる。

具体的装置としては、後述する空気混合のための制御設備に、温湿度センサーによってダクト弁の開閉を適切な範囲に制御して空気を送り込む方法を取る。なお、本提案以前には、寒冷地の冷涼な外気を利用して DC に利用された例がないため、このような方法による事例がないことから、実験施設を構築して実験によって検証する。それらについて 5.5 節で述べる。

以上のように、DC を寒冷地に設置すること、その冷涼な外気と雪氷を組み合わせ有効に活用すること、外気利用では湿度制御に滴下型自然加湿を利用すること、さらにはサーバールームからの戻り空気を活用して湿度変化を小幅にすることが本提案の特徴であり、これらを採用した DC は本研究当時の 2008 年現在では存在していない。

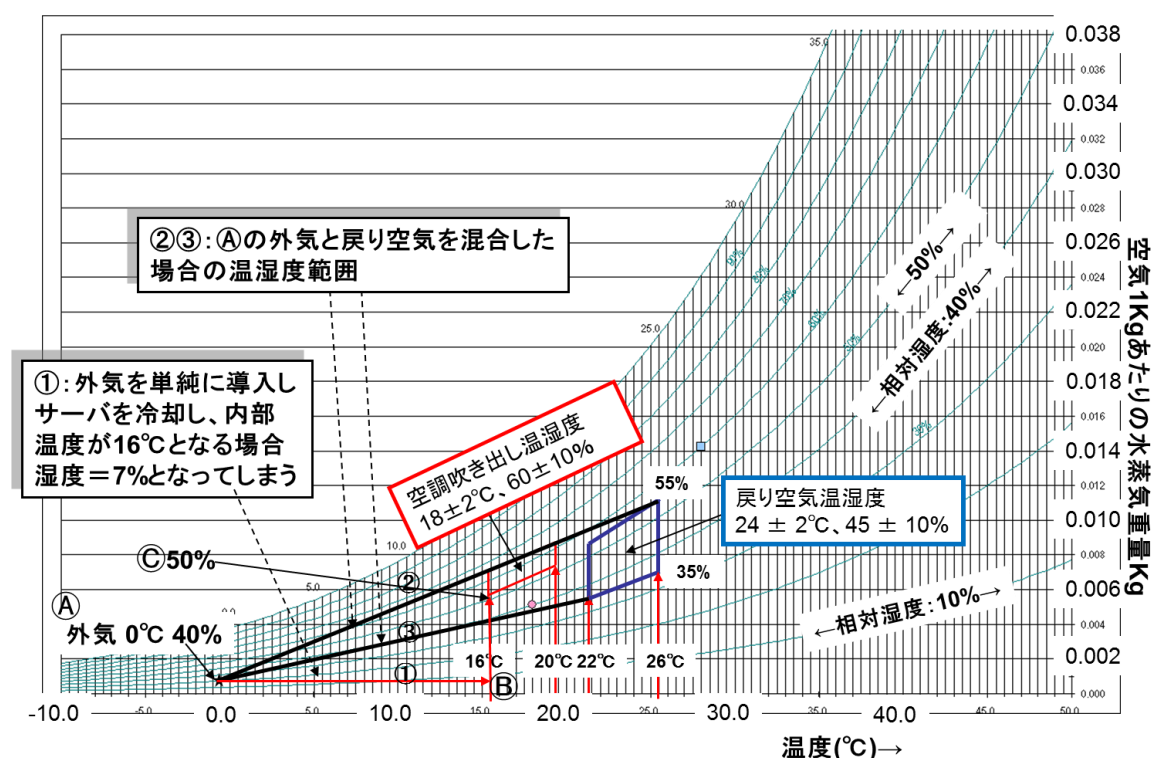


図 5-6 : 外気と戻り空気のミキシングによる温湿度制御 (加湿幅の縮小)

このように、新しい試みに対する新しい障害に、さらに新しいアイデアを投入することによって、解決の見込みが出てきた。しかし、実際にこれがうまく制御できるのかどうか、実験設備を構築して、結果を計測することとした。

なお、寒冷な時期に実施する外気冷房は、外気を取り入れて加温した際に、湿度不足は発生しても湿度過剰となることはほとんどないことから、除湿対応の必要性は殆どない。

5.5 実験による評価

DC における外気空調において、寒冷な外気を活用して空調が可能であることを確認し、またその時に滴下型自然加湿による湿度管理が可能であることを実証し、その時の消費電力を評価するため、実験を行う。

5.5.1 実験の概要

実験装置を構築して検証することにより、湿度制御を含めた DC の外気空調の実現可能性を把握する。また、外気活用と滴下型自然加湿は、大きな消費電力を伴うものではないが、送風ファンや加湿バルブ・ダクトの自動開閉、温湿度センサー、制御コンピュータなどで若干の電力を消費する。それらの合計消費電力が大きなものではなければ、機械空調と比較して大幅に消費電力削減効果が見込めることとなるため、実験によって検証する。さらに、同様に雪氷空調の消費電力も確認する。

(1) 実験地域

寒冷地である札幌市の既存ビルにサーバールームを構築し、空調実験設備を設置した。

(2) 実験期間

2009 年 12 月～2010 年 2 月

(3) 実験装置の概略

図 5-7 に示す実験装置を構築し、下記のような構成で実験を実施する。

(i) 疑似サーバ

通常の DC 用サーバと形状や発生熱量が類似する「疑似サーバ」を下記のような構成で、実験対象の熱源とした。この疑似サーバは、図 5-7 に示す「Server Room」に設置した（疑似サーバ：サーバと同一形状のヒータユニットで、サーバと同様の熱を発生させて DC 空調の実験のために製作されたもの）。今回の実験における疑似サーバ機器は下記のようなものを使用した。

- ・サーバ 1 台あたり：800W
- ・1 ラックあたり：800W×サーバ 5 台＝4kW
- ・1 列あたり：4kW×3 ラック＝12kW
- ・全体：12kW×2 列＝24kW

(ii) Air Handling Unit

外気を混合しサーバ室に送風するため、Air Handling Unit（空気混合送風装置：以下 AHU と略す）を配備する。図 5-7 に示すように AHU では「Outside Air」（外気：以下 OA と略す）と RA を混合する（図 5-7 の AHU に 2 つの矢印が示されている）。これらの装置で消費した電力を測定する。なお、AHU の中には図 5-8 に示す加湿器(Humidifier)を組み込み、外気空調の際に低くなりすぎる湿度を適正に維持する機能を併せ持つ。

AHU では、RA と OA を混合するが、RA はサーバの熱によって高めの温度で、かつ一定の水分量を含んでおり、一方で冷涼な OA は低い湿度であることから、直接 OA を取り込む場合に比較すると加湿幅を小さくすることが可能となる。そのため図 5-8 のようなシンプルな構造で低コストな「滴下型自然加湿方式」を採用する。なお、今回は電力低減効果の測定が目的であるため、外気・雪氷の切り替えについては、簡易な手動で実施した（実際の運用では外気温によって、自動的に切り替えて制御する）。

(iii) 外気空調

前述のような AHU を活用し、外気空調を実施するが、DC を想定して下記のような温度と湿度の制御を実施する。

- ・温度制御は、RA の温度が上限 $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ の範囲となるように、ダクト開閉によって OA と RA の混合比率を制御する。
- ・湿度制御は、同様に RA について下限湿度 $45 \pm 10\%$ の範囲となるように、図 5-8 の加湿器における水の滴下のオンオフによって水分蒸発量を制御する。

(iv) 雪氷空調

雪氷空調はすでに実績もあるが、下記の実験装置でサーバを冷却し、その際の消費電力と機械空調による消費電力を比較して低減効果を把握する。

- ・図 5-7 に示す Snow dumping site（雪堆積場）に雪を積載し、下部に水を流して冷水を取り出す。
- ・その冷水を図 5-7 の Heat Exchanger（熱交換器）に導入して、冷媒を冷却する。
- ・冷却した冷媒を Cooling Machine 取り込んで空気を冷却して機械空調と同じダクトに送風し、空調を実施する。この場合は後述の機械空調とは異なり Cooling Machine での冷気の生成はしないため、消費電力が大幅に低減することが予測され、そのデータを採取する。

(v) 機械空調装置

外気空調及び雪氷空調との比較のために、図 5-7 に示す **Cooling Machine** (機械空調装置) によって冷気を生成し、サーバ室を同じ管理温度・湿度 (RA 上限温度 $24\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、下限湿度 $45\pm 10\%$) の範囲に制御して、その場合の消費電力データを採取する。それらと、外気空調の消費電力の差を見て、電力低減効果の測定を実施する。

注 1) 送風切り替え

3つの冷風源すなわち、機械空調・外気・雪氷からの冷風とサーバ室からの RA について、図 5-9 および図 5-10 に示すとおり、切り替えてサーバルームに送風する。図 5-9、図 5-7 の中の RA/EA/SA/OA は以下のとおりである。

RA : Return Air (サーバ室からの暖気の戻り空気)

EA : Exhaust Air (余剰空気の排気)

SA : Send Air (サーバ室への送風空気)

OA : Outside Air (外部から導入する冷涼な空気)

それぞれの冷風切り替えは下記の通りである。

- ・機械空調の際には、図 5-9 で示すとおり、機械空調(Cooling Machine)稼働させ、発生した冷気をそのダクトだけを開けて、その他の入力ダクトは閉鎖し、冷風をサーバルームに送風する。
- ・外気空調の際には、図 5-10 左図に示すとおり、外気取り入れダクト(OA)とリターン空気(RA)を開けて、その他の入力ダクトは閉鎖し、外気による空調をする。
- ・雪氷空調の際には、図 5-10 右図に示すとおり、雪氷からの冷気取り入れ口だけを開けてその他のダクトを閉鎖し、雪氷による空調をする。

なお、それぞれの場合においてサーバルームの最終的な温湿度として RA の温湿度を計測し、基準の範囲に入るように自動的にダクト開閉幅を調節する。

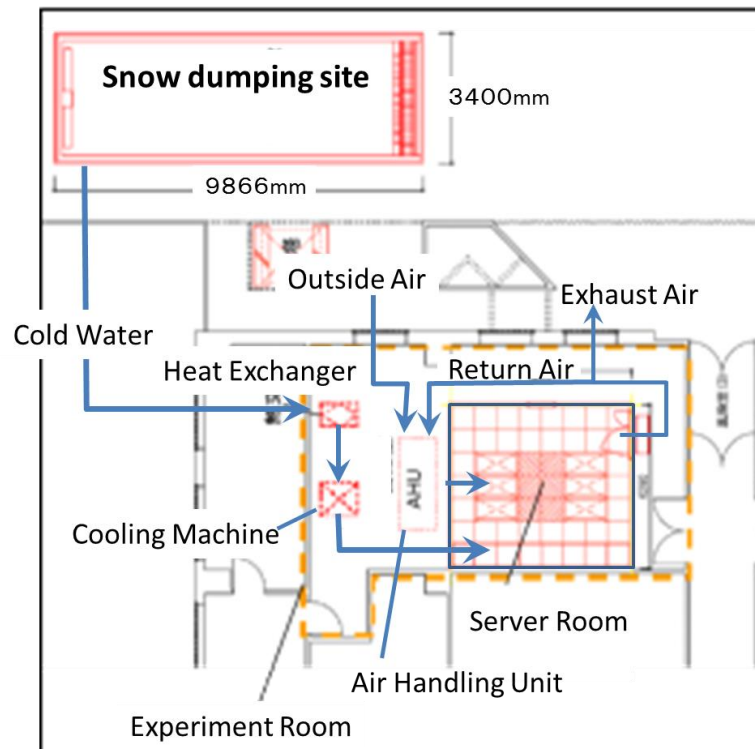


図 5-7：実証実験設備

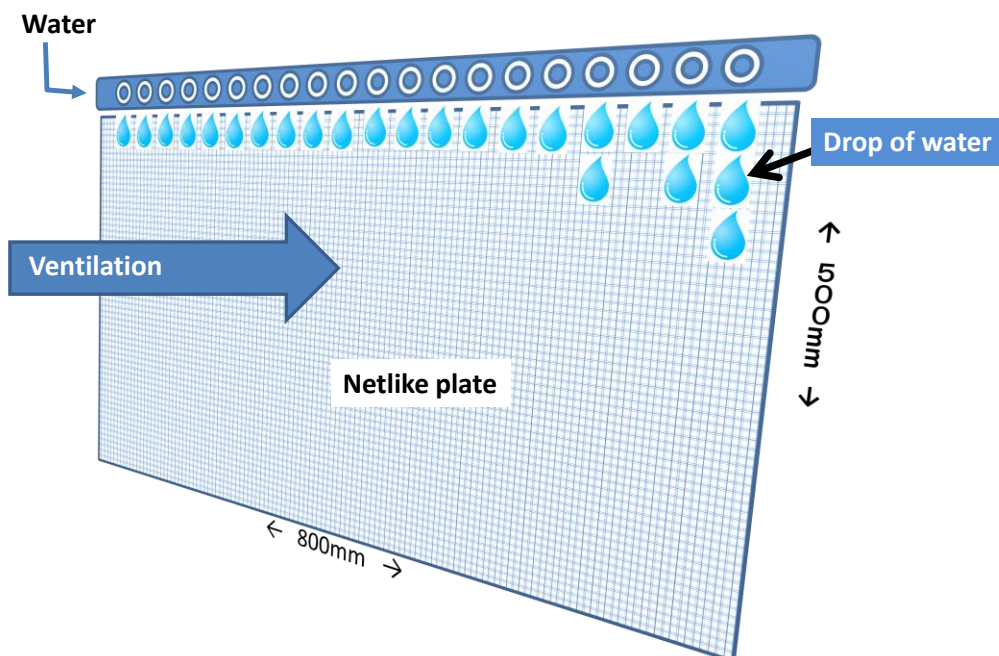


図 5-8：滴下型自然加湿装置

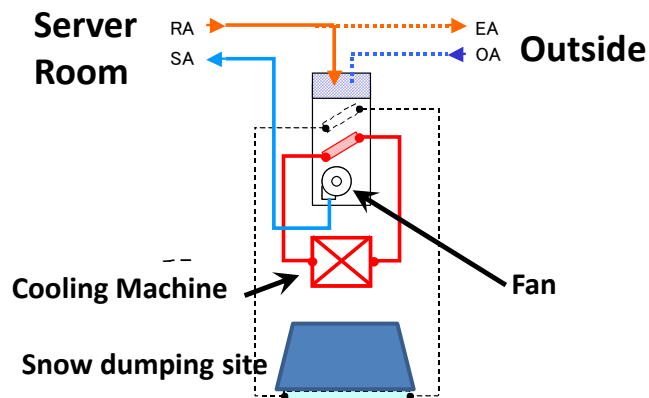


図 5-9：空気混合送風装置（機械冷房）

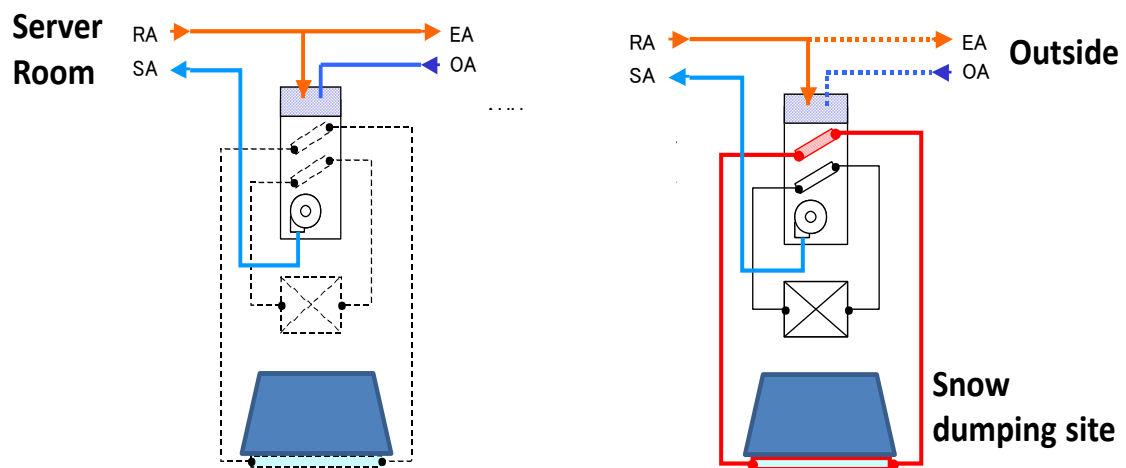


図 5-10：空気混合送風装置（外気と雪氷冷房）

注 2) 雪氷空調は夏に活用するものだが、今回の実験では予算の関係から、外気と同時期の冬に実施した。しかし、夏冬とも、雪氷から生成する冷水の温度は外気にほとんど相関がないことが知られており、断熱管およびサーバールームの断熱装備によって、サーバ発生熱量と冷房エネルギーの関係は、夏冬での差異は大きくなるものと考えられる。しかし厳密には冷気温度に差異は発生するものと思われるため、正確な測定は今後の課題としたい。

注 3) 本実験は、基本的構造を電気通信大学が東京理科大学の協力のもとに検討し、総務省が実験を実施した。

5.5.2 実験結果

(1) 外気空調の実験結果

前節で説明した装置（図 5-7、図 5-8、図 5-9、図 5-10）による実験によって、下記の結果を得た。

(i) 外気空調実験期間・・・2009 年 12 月 7 日～14 日

(ii) データ収集間隔・・・・1 分ごと

(iii) 温度制御結果

図 5-11 に示すとおり、RA の温度について $+24.2^{\circ}\text{C} \sim +26.0^{\circ}\text{C}$ (黄) となり、RA 温度の管理範囲である $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ の範囲に制御できた (注 5)。

(iv) 湿度制御結果

同様に、図 5-12 に示すとおり、RA の湿度について、 $35.1\% \sim 47.7\%$ (黄) となり、RA 湿度の管理範囲である $45 \pm 10\%$ の範囲に制御できた (注 5)。

(v) 外気空調と機械空調による消費電力低減結果

図 5-13 に示すとおり、12 月 7 日～14 日まで外気空調による消費電力のデータ採取を実施し、その後 15 日～18 日で機械空調に切り替えて同様にデータを採取したところ、外気空調での消費電力は、

● $2.26 \sim 2.44\text{kW}$ (平均 : 2.37kW)

となり、機械空調での消費電力は、

● $11.59 \sim 21.10\text{kW}$ (平均消費電力 : 16.06kW)

となった。その結果外気空調による消費電力削減は、

● $(16.06 - 2.37) / 16.06 = 85.2\%$

となり、外気の方が機械空調に比較して 85.2% の消費電力低減となることが判明した。

注 4) 機械空調での消費電力(図 5-13)が細かく変動しているが、これはセンサーによって温湿度が検知され、機械空調装置が出力を変動させていることによるものである。それに対して同図 5-13 の外気空調の消費電力は、ファンモータによるものであるため電力変動は少ない。

注5) 温度・湿度の管理範囲は、米国での空調関連団体であるアシュレイの基準値「2008 ASHRAE Class1 DC 推奨範囲」の上限値である、温度 $\sim 27^{\circ}\text{C}$ ・湿度 $\sim 60\%$ を参考にそれよりもきびしい範囲として、温度 $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ・湿度 $45 \pm 10\%$ に設定した。

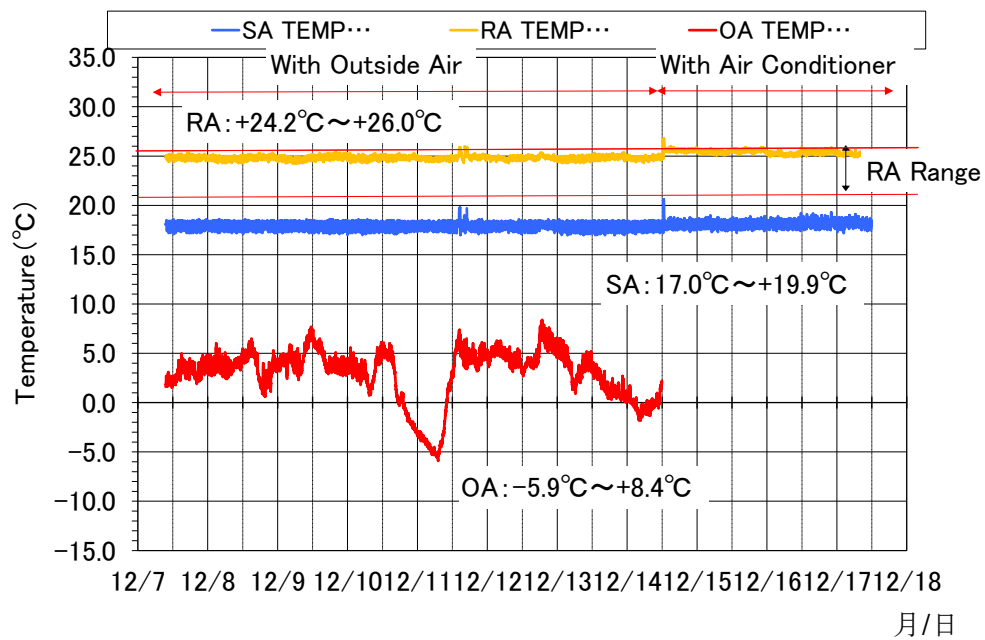


図 5-11：温度制御結果（外気冷房）

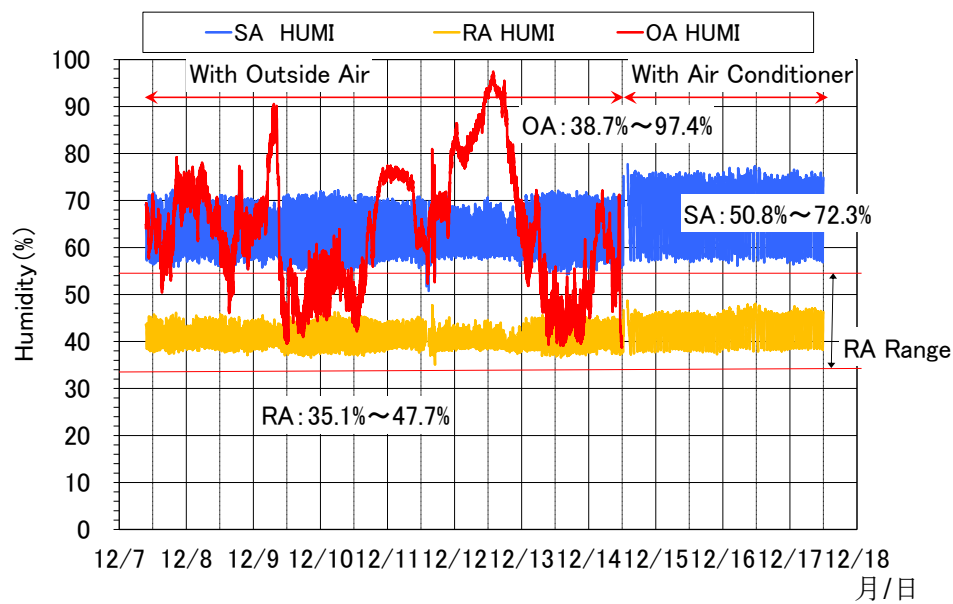


図 5-12：湿度制御結果（外気冷房）

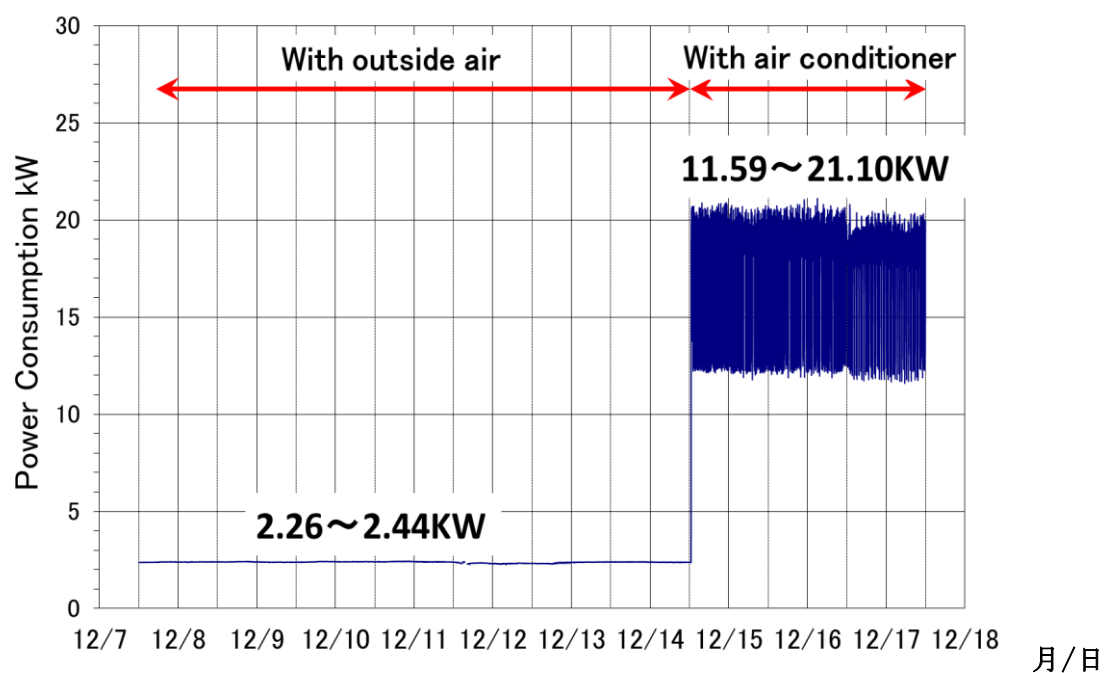


図 5-13 : 外気冷房と機械冷房の消費電力

(2) 雪氷空調の実験結果

外気空調と同様に、上記に示した雪氷空調装置による実験を行い、以下の結果を得た。

(i) 実施期間 : 2010 年 1 月 26 日～2 月 1 日

(ii) データ収集間隔 : 1 分ごと

(iii) 温度制御結果

図 5-14 に示すとおり、RA 温度は、 $+25.2^{\circ}\text{C} \sim +26.5^{\circ}\text{C}$ (黄) となり、管理範囲である $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ にほぼ制御できた。

(iv) 湿度制御結果

図 5-15 に示すとおり RA 湿度は $36.8\% \sim 46.1\%$ (黄) となり、管理範囲である $45 \pm 10\%$ に制御できた。

注 6) RA 温度で管理上限 26°C を超える時間帯が発生したが、 0.5°C 程度でかつ短時間

だったことから影響は極めて微少なものであり、DC 運用は可能と考えられる。

(v) 雪氷空調の消費電力 雪氷空調の実験による消費電力は、図 5-16 に示すとおり、

●5.25～5.86kW（平均：5.57kW）

となった。これらの消費電力は冷水送出ポンプ、送風ファンモータによるものである。これと前述の、機械空調での消費電力（平均 16.06kW）と比較して、消費電力は、

● $(16.06-5.57)/16.06=65.3\%$

の低減となった。

以上により、雪氷空調によって温度・湿度を管理範囲に制御可能であることが判明した。また、消費電力について、それと機械空調とを比較すると大きな削減効果があることが判明した。これにより、前述の外気と組み合わせることにより、年間を通じて機械空調を使用せずに自然エネルギーによって DC の空調が可能となり、大きな消費電力の低減が期待できる。

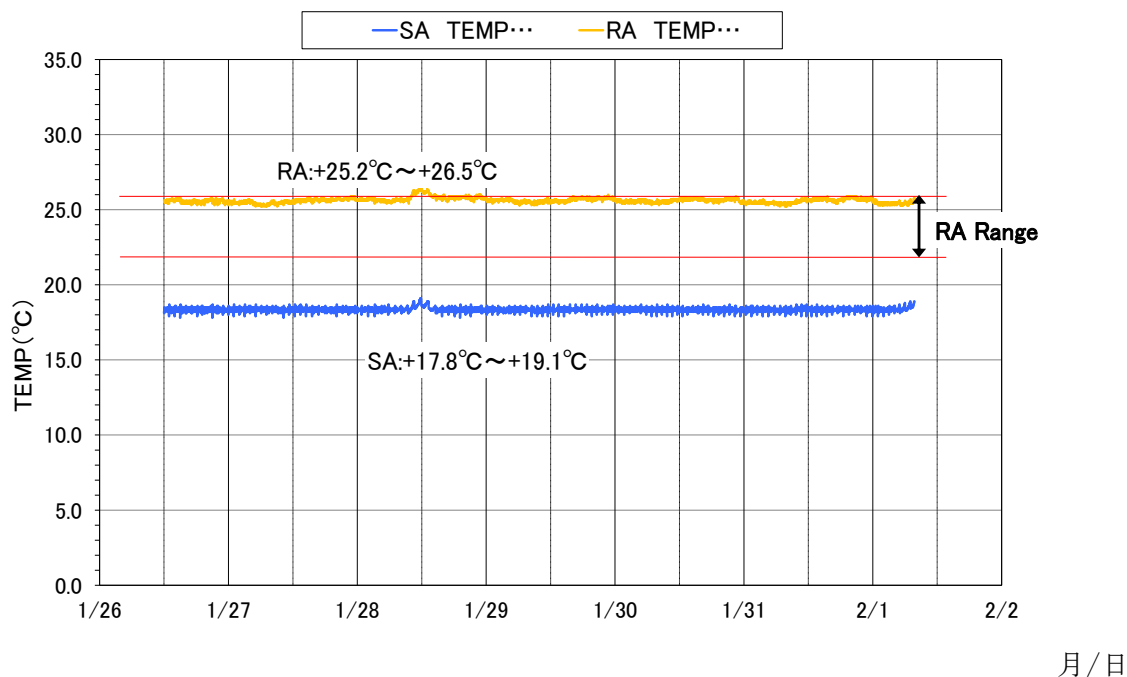
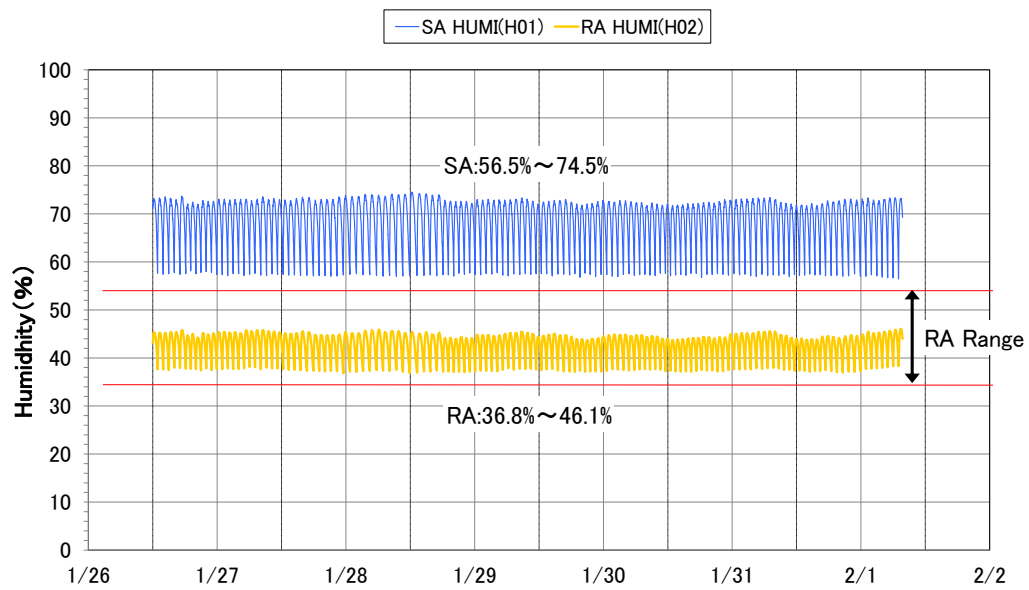
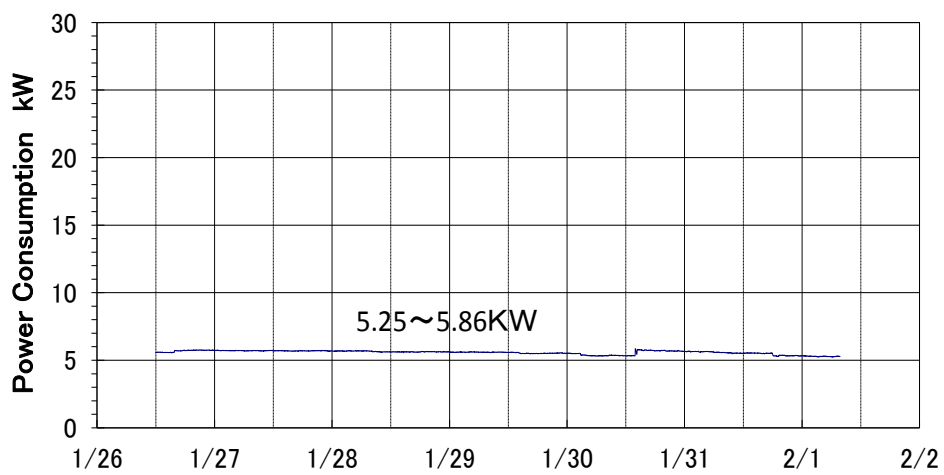


図 5-14：温度制御結果（雪氷冷房）



月/日

図 5-15：湿度制御結果（雪氷冷房）



月/日

図 5-16：雪氷冷房の消費電力

5.5.3 実験のまとめ

(1) 寒冷な外気による DC の空調と加湿

寒冷な外気を導入して空調に利用すると、サーバにとっては湿度が低下しすぎるリスクがあり、それを加湿しようとする大きな加湿幅となるが、サーバ室からの RA(湿度が高めの暖気)と OA(湿度が低めで冷涼な外気)を混合した空気を利用することによって、加湿幅を小さくすることが可能となる。それにより、消費電力が少なくかつ簡易な「滴下型自然加湿方式」でも、適切な湿度に制御することが可能であると判明した。

(2) 雪氷による DC の空調

雪氷空調は他の分野でも実績があるが、今回のサーバ室の空調に対しても同様に適切な温度・湿度に管理できることが判明した。これにより、日本国内では寒冷地であっても夏季には外気空調が利用できない日や時間帯でも、機械空調を使用せずに空調が可能となる。

(3) 大幅な消費電力低減

今回の実験の範囲では、外気空調と雪氷空調は、機械空調と比較して下記のように大きな消費電力削減効果が見込めることが判明した。

(i) 外気空調と機械空調の比較：85.2%低減

(ii) 雪氷空調と機械空調の比較：65.3%低減

これらから、「寒冷地において、外気空調と雪氷空調を気温によって切り替えるハイブリッド空調」及び消費電力の小さな「滴下型加湿」を導入することにより、機械空調を利用せずに、年間を通して自然エネルギーによって DC の空調が運用可能で、大幅な消費電力低減が実現可能となる。

5.5.4 残された課題

(1) より正確な電力削減数値の把握

今回は、外気冷房を含めて 6 ラック（合計 24kW）による小規模なサーバ室によるデータ収集を実施したが、通常の DC では空気量も大きく、今回のデータとは異なったものとなる可能性があるため、より正確な効果の把握には、今後、実際の建設物件において測定したい。

（２）滴下型加湿器のメンテナンス

滴下型加湿では水の中に含まれている不純物がスケールといわれる固形物となって蒸発板に付着することが知られている。これに対応するためには、スケールをメンテナンスによって除去する方法、純水を利用してスケールの発生をゼロに近くする方法のいずれかが必要となるが、純水はコストが高く DC の運用に障害となるようなレベルとなることが知られている。一方で、コストの安い水道水を利用する場合は、スケールのメンテナンスコスト予測が必要となり、検討が必要と考えられる。

（３）外気用フィルター

外気は、塩分・埃や最近話題になっている黄砂などの不純物を含む（ただし寒冷地である北海道などは少ないと言われている）。そのため、それらを除去するためにフィルターが必要となるが、フィルターは空気の圧力損失を発生させ、ファンの送風出力アップが必要となって、消費電力は若干上昇することとなる。よって、正確な消費電力低減効果の推定のためには、フィルターに起因する消費電力アップを低減効果から差し引く必要がある。なお、フィルターのコストも運用可能な範囲かどうかについて明確化する必要がある。

（４）雪氷空調設備コストと雪氷の必要量

雪氷空調設備は工事を伴うためイニシャルコストについて検討が必要となる。また、雪氷空調設備の規模を推定するためには、どの程度の雪氷量が必要かを把握することが必要となり、必要エネルギーから試算される量に加えて次のような要素からの余裕分を検討することが課題となる。

- ・冷水を作る際に雪氷が解けて減少することによって、必要なエネルギー以上に余剰に必要となる雪氷の量の推定
- ・自然融解や蒸発によって減少する雪氷の量の推定
- ・融解などを低減させるための断熱シートや断熱チップなどの活用による融解量の補正

これらを実験によって計測することにより、雪氷の必要量を把握でき、雪氷設備コストの精度も確保可能と考えられる。また、さらには地域の除雪で得られる雪氷の量との関係から、これらの余裕分を合わせた雪氷量が確保可能なかどうかについても把握可能と考えられる。

（５）長距離通信によるルータ消費電力の影響

今回の提案は DC の空調電力の低減に注目し、寒冷地の自然エネルギーを活用しているが、国内の寒冷地は人口集中が 3 割を超える首都圏から遠く離れているため、ルータの消費電力の影響も配慮する必要がある。ただし、インターネットは、複合的ルートを通じて、すなわち場合によっては迂回ルートを通じて通信することが特徴となっており、その時の混み具合によって通過するルータの数は変化する。よって、必ずしも距離に比例してたくさんのルータを介するという事はない。そのため通信の消費電力の中心となるルータの影響は、遠隔地の寒冷地であるからといって必ずしも大きなものとなるとは言えない。しかし、いずれにしても実際の通信状態（利用されるルータルート）の影響が寒冷地に設置された DC にどのように発生するかについては、今後調査するべきであり、課題としたい。

5.6 本方式による DC の具現化について

5.6.1 具現化へのアプローチ

本研究の成果を、実際の DC 物件に具現化するためには、大きな投資が必要となることから下記のような動きが必要となる。

- ① 地域（自治体等）が寒冷地の優位性を理解し、提案する「外気と雪氷によるハイブリッド冷房」を活用した DC が競争力を持ち、誘致に取り組むべきであることを理解し、誘致活動を実施すること。
- ② DC の中心的な企業や建設を担当する民間企業が同様にこの技術を理解すること。
- ③ これらのことがマスコミに掲載されて、施主の耳に入ること。

それらについて、まず①と②については、寒冷地の代表的地域である北海道について、約1年をかけて北海道庁・石狩市・関連企業に説明し、北海道 GEDC（グリーンエナジーデータセンター）推進フォーラムを組織し、勉強会を実施した。DC は多方面にわたる業際的なプロジェクトによって構築されるため、誘致も多方面にわたる情報網によって具現化されることが考えられ、この勉強会に下記のような建設業・設備・空調・IT 関連の業際的な多くの企業に参加を促した。

【北海道 GEDC 推進フォーラム 参加企業/団体】

◆会長（筆者が就任）

◆自治体

北海道庁、石狩市役所、石狩開発株式会社（工業団地管理会社）

◆建設会社

大成建設株式会社、清水建設株式会社、鹿島建設株式会社、株式会社竹中工務店
株式会社大林組、戸田建設株式会社、国策建設、長谷川建設

◆設備関連会社

富士電機株式会社、富士電機システムズ株式会社、株式会社山武、株式会社コア
河村電器産業株式会社、株式会社 NTT ファシリティーズ、川崎重工業株式会社
日東工業株式会社、ピーエス株式会社

◆IT・DC 関連会社

富士通株式会社、日本電気株式会社、NEC ネットズエスアイ株式会社、NTT コミュニケーションズ株式会社、日本アイ・ビー・エム株式会社、株式会社レグニア

株式会社 HBA、ネットワンシステムズ株式会社、ユーザーサイド株式会社
協和テクノロジーズ株式会社、株式会社岩崎、株式会社飛象
ピーエス株式会社

図 5-17 及び図 5-18 に示すように、上記の企業・団体による勉強会を推進した過程で、石狩市において、本研究を参照し具体的誘致活動[50]が実施されパンフレットが作成された。

なお、この会合は 2008 年に発足し、2014 年現在も継続しており、会合回数は 6 年間で 30 回以上にのぼる。また、現在は東北地域や新潟県に拡大し「寒冷地データセンター推進フォーラム」と名称を改訂して開催されている。

5.6.2 本研究結果を活用した事例

(1) 北海道石狩 DC の建設事例

これらの企業・団体メンバーが勉強会において本研究の内容を理解し、さらに現場レベルのノウハウを積み上げることにより、北海道石狩市において、本研究を反映した DC の建設事例が発生し、国内で初めての寒冷地の外気を活用した DC が 2011 年に稼働した。その後複数の類似の事例が、北海道や東北において発生した。

(2) 青森県の建設事例

青森県において、外気と雪氷の両方を活用する DC については、図 5-19 に示すとおり、本提案が参照され、2014 年 5 月 1 日に DC 会社が新しく起業されて、具体的建設を表明している(完成予定 2015 年秋)。

なお、この事例では要求仕様の作成について、筆者に依頼があり実施した。

(3) 新潟県の誘致事例

また、図 5-20 に示すように新潟においても、雪氷冷房を採用した DC の誘致活動が始まり、図 5-21 に示すようにそのための立地アセスメント調査が開始されたことが公表されている。



図 5-17：北海道 石狩地域のデータセンター誘致用パンフレット
(石狩市工業団地管理会社：石狩湾新港地域)

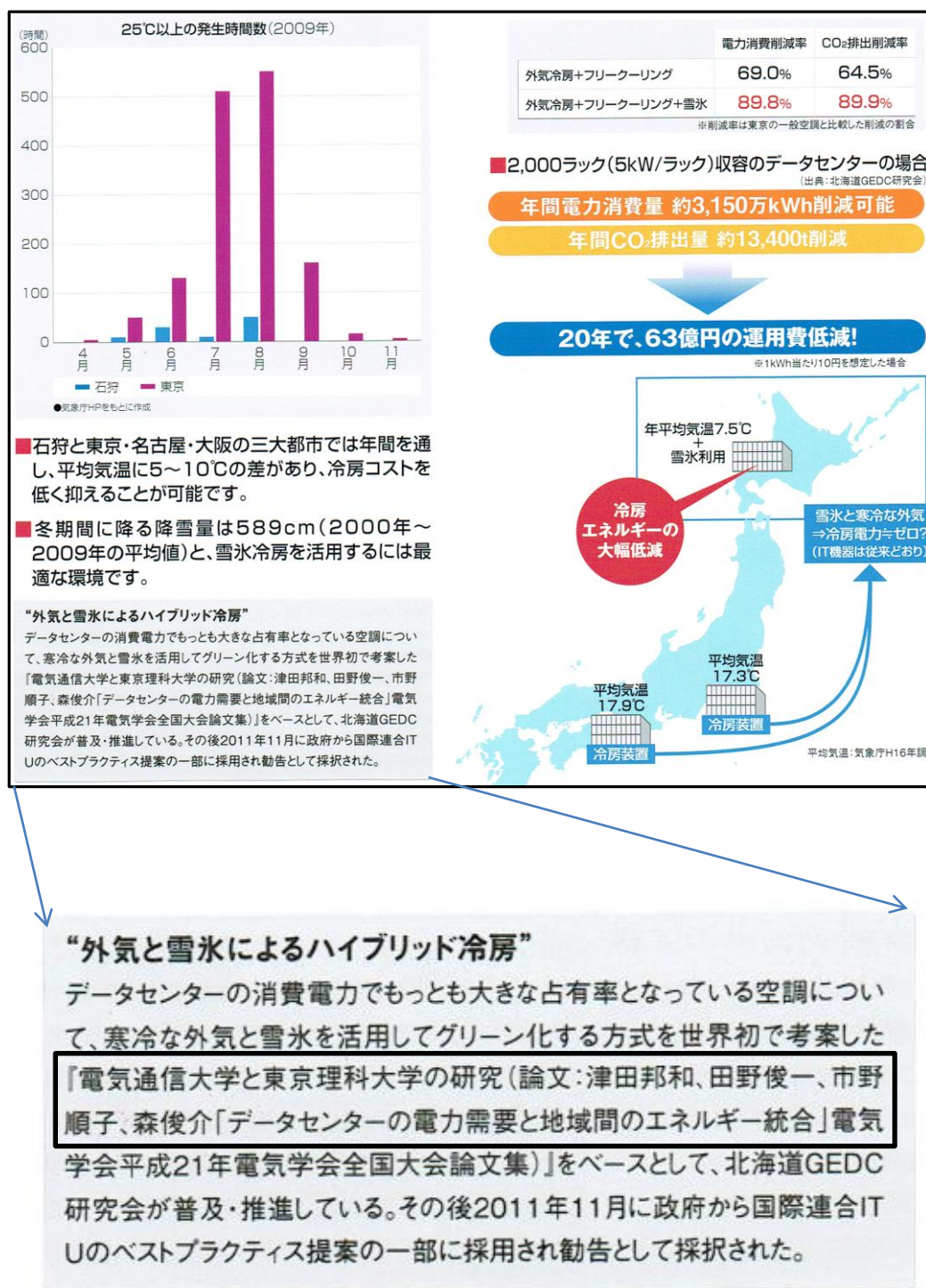


図 5-18：北海道 石狩地域のデータセンター誘致用パンフレット
(論文[47]の引用)

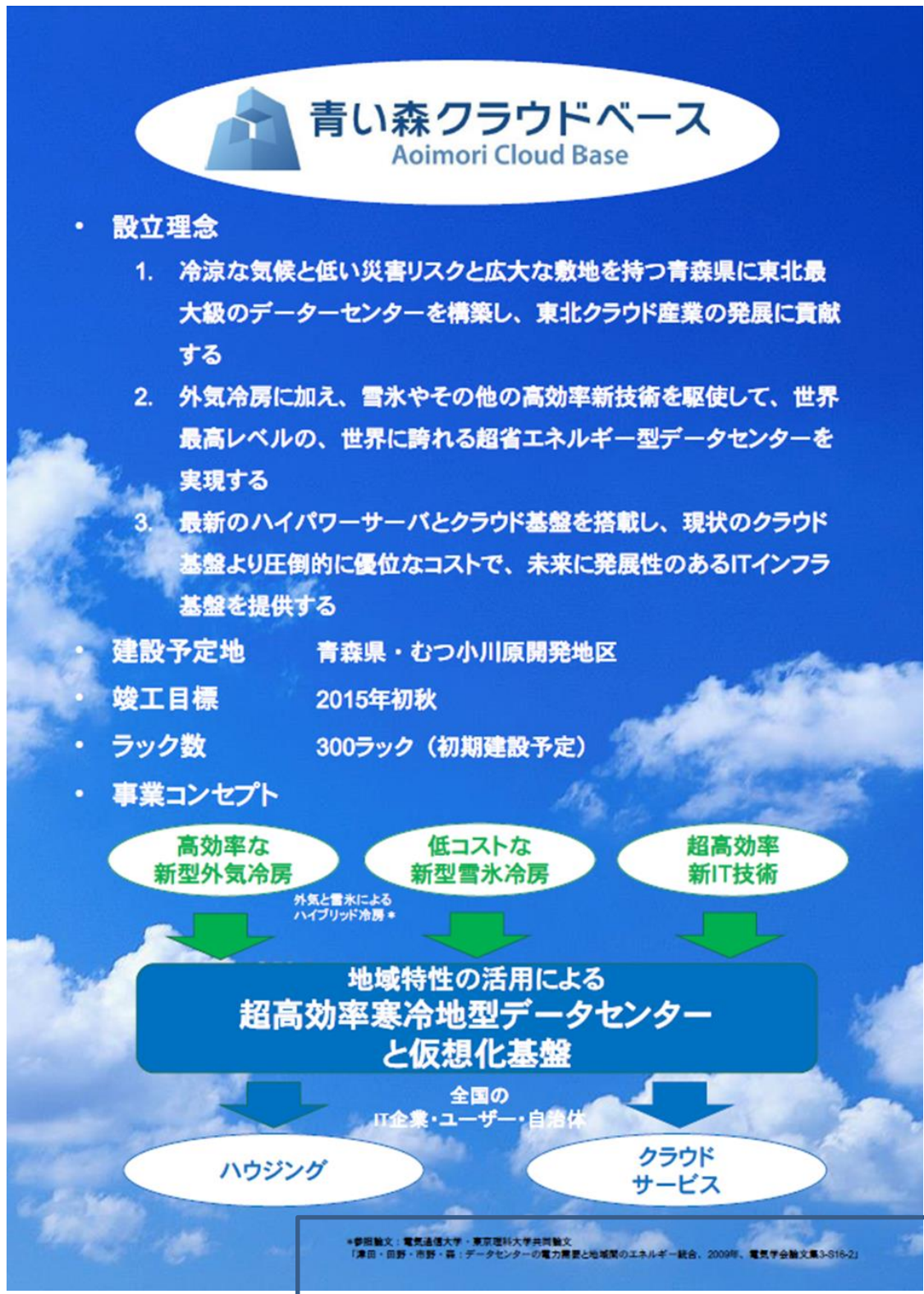


図 5-19：青森県 新データセンター会社のパンフレット
(論文[47]の引用)

新潟日報 2014年3月20日

◆見出し: 雪冷熱データセンター候補地 11市町が名乗り

県は19日までに、雪冷熱エネルギーを活用したデータセンターの候補地として、魚沼市や十日町市など11市町が計20カ所を提案したと発表した。県は20カ所全てを2014年度に行う適地調査の対象とする方針で、各地の地質や地盤、インフラの現状を調査する事業者の公募を始めた。

他に候補地を提案したのは、長岡、上越、柏崎、南魚沼、糸魚川、小千谷、妙高、阿賀、津南の各市町。県は2月、全30市町村を対象に、売却可能な用地があるかや集雪・運搬で協力する意思があるかなどのアンケート調査をしていた。

県は3月末まで適地調査をする事業者の企画提案を募る。外部委員らの審査会を経て4月中旬に事業者を決定する。調査は8月までに終える予定。

県産業振興課は「データセンター事業者を誘致するために優位な場所を見つけるのが調査の狙い。1カ所に絞るとは限らない」としている。

図 5-20：新潟日報記事（雪冷熱データセンター候補地）

新潟日報 2013年5月8日

見出し: 雪冷熱データセンター適地調査 東京の2社に県が委託決定

雪冷熱エネルギーを活用したデータセンターの適地調査について、県は7日、公募に応じた東京のコンサルタント会社2社に委託することを決めた。県内11市町の計20カ所について、雪冷熱利用の可能性や、地質・地盤、災害時の安全性、インフラなどを調べ、8月末までに結果をまとめる。

県は、除排雪した雪をため、夏にサーバー冷却のエネルギーとして活用するデータセンターの県内立地の可能性を探っている。調査地点は市町村からのアンケートで立地候補地として挙げた場所で、魚沼市と小千谷市、上越市、十日町市、長岡市、南魚沼市、妙高市、阿賀町、津南町の2カ所ずつと、糸魚川市、柏崎市の各1カ所。

委託業者は、ネットワークサービス事業などのコンサルを行っている「フラワーコミュニケーションズ」とクラウド（インターネットを經由して情報の出し入れ）事業やデータセンター構築支援などのコンサルの「NCRI」。県新エネルギー資源開発室によると、県の公募に応じたのは2社で、外部有識者からの意見聴取を経て両社とも適格と決めたという。各社10カ所ずつ調査を担当する。

図 5-21：新潟日報記事（雪冷熱データセンター調査）

5.7 まとめと今後の方針

5.7.1 まとめ

2005 年前後において NC では、より多くの利用者による活用や設備効率・コスト効率を上げるために、NC のインフラとしての DC からサービスを提供するようになりつつあった。この DC では、サーバ群と必要なソフトウェアを集積して、消費電力も大きくなりつつあった。

この DC の消費電力は、重要な位置付けとなり、それを効率化し低減することは NC が発展する上で、重要な事柄となっていた。

DC の消費電力で、最も大きな占有率を占めているのは、冷房電力であり、4 割程度となっていた。そこで、寒冷地の気候特性を活用し、

- ◆DC を寒冷な地域に設置する。
- ◆寒冷な時期には外気を活用し、温暖な時期には冬に保管しておく雪氷を活用して冷房を実施し、1 年を通じて機械冷房を稼働させずに運用する方法を考案した。
- ◆外気冷房の際には、寒冷な外気が室内に取り込まれると湿度低下によってコンピュータに悪い影響があることが知られており、それを緩和するために、2 つの対策を講じた。
 - 一つは、サーバ室から戻る暖気と冷涼な外気をミキシングチャンバーによって混合し、目標温度の近傍に制御し、湿度差を緩和する。
 - 二つ目は、シンプルな構造でかつ低コストな「滴下型自然加筆方式」を DC に初めて採用し、加湿を実施した。
- ◆これらの方法に沿って実験装置を構築し、検証した。

この実験による検証結果により、以下のような結論を得た。

図 5-2 に示した、DC の消費電力構成の中で Air Conditioning 44%とファン 4%の冷房電力について、外気と雪氷を活用することによってそれらの 65%～85%を削減可能であることが実験によって判明し、大きな影響力があることが判明した。

その結果、消費電力は、サーバが 2000 ラックで 1 ラックあたり 4kW として、かつ図 5-2 にあるように全体の 32%とすると、

$$\text{冷房電力} = 2000 \text{ ラック} \times 4\text{Kw} / 0.32 / 0.48 = 12\text{MW}$$

この電力の 65.3%～85.2%が削減されるとすると、7.8MW～10.2MW の電力が削減となる。ただし、実験規模による効果変動などを配慮すると、この削減電力は正確なものではない。

一方でこのことをコスト面からみると、最近の大規模契約での料金として 1kWh あたり 13 円として年間では

$$7.8\text{MW} \times 13 \text{ 円} \times 24\text{h} \times 365 \text{ 日} \div 888 \text{ 百万円/年}$$

$$10.20\text{MW} \times 13 \text{ 円} \times 24\text{h} \times 365 \text{ 日} \div 1162 \text{ 百万円/年}$$

となり、年間 8.9 億～11.6 億円の削減となる。これはこの規模の一般的な DC 建設コストが 100 億円弱ということを考えると、10～15 年で電力削減コストが建設費を上回ることとなり、単なる消費電力削減だけでなく、コスト競争力としても非常に大きな意味をもつこととなる。ただし、追加される設備コスト（雪氷整地ゴミ除去・追加ダクト・制御コンピュータ等々）を割り引いて考える必要があるため、今後の実際の物件で検証したい。

これにより、着目した 3 つの構成要素の中の第三の要素である NC のインフラについて、2005 年前後に課題として着目した DC の消費電力低減について、有効な対策を講じることができた。その結果、この NC の利用が増加し DC の集積が始まった重要な局面において、有効な解決策を与えることができ、NC の普及実現に貢献できた。

5.7.2 今後の方針

すでに、本方式を装備した DC への投資が決定し詳細設計が着手され、今後稼働する計画となっているため、完成後の電力の効率化状況を把握し、本研究の成果の把握をさらに深めたい。また、それとともに本提案技術の改善と他の観点からの効率化技術にもアプローチしたい。

なお、本研究による寒冷地型 DC の実例を増やし、成果を充実させていきたい。

第 6 章 本論文のまとめと今後の計画

本章では、NC の普及・実現のために、着目した NC の構成要素の第一の NC のサービスについては、1995 年前後において問題として捉えられた遠隔会議における本来コミュニケーションに必要なメディア環境の問題と複数人数の遠隔会議でのメディア環境の問題、第二に 2000 年前後に着目した NC のサービス間連携の際に必要な共通の SLA 基準の実現、第三に 2005 年前後に着目した NC のインフラである DC の消費電力の効率化の提案と検証について、それぞれの時代における重要な問題として捉え、それらに効果的な対策を講じたことについて述べた。

6.1 節では、本論文のまとめについて述べ、6.2 節では、今後の計画について述べる。

6.1 本論文のまとめ

本論文では、1990 年前後から始まったコンピュータの高性能化とネットワークのデジタル化によって発展してきた本研究で着目した NC の 3 つの構成要素、すなわちサービス/サービス間連携/インフラに、それぞれの時代ごとに問題があったことについて述べた。

着目した 3 つの構成要素ごとの問題は、下記のとおりである。

- ◆第一の構成要素である NC のサービスでは、1995 年前後において NC が黎明期を迎え重要な局面となっていた。その時期に遠隔会議メディアを支援するサービスが立ち上がり始めていたが、動画と音声に偏重して、適切なメディアが提供できていないという問題があった。
- ◆第二の構成要素である NC のサービス間連携については、2000 年前後において、ようやくアプリやその他の機能のサービス利用が拡大し始め、サービス間連携によってさらに利便性を拡大する重要な局面を迎えていた。その時期に、サービスごとの共通の SLA の実現ができていないという問題があった。
- ◆第三の構成要素である NC のインフラについては、2005 年前後において、DC への集積が始まり、より効率的にインフラが活用されるという重要な局面を迎えていた。その時期に、DC の消費電力の増加があり、その電力消費の低減についての問題があった。

本論文では、これらについて、それぞれの時期において効果的な解決策を与え、その結果を評価してそれらの意義を明らかにした。

以下にそれらの構成要素ごとのまとめと実施結果を述べる。

(1) NC のサービスにおける遠隔会議での適切なメディアの提供

そもそも NC は、コンピュータとネットワークが融合した情報メディア環境であるため、コミュニケーションとの親和性は良い状況があった。

1990 年前後から、コンピュータの高性能化と通信のデジタル化に伴って、NC の提唱が始まった。当初は、画像や音声を高速でデジタル化し、遠隔で人の表情と声をリアルタイムで交換することによる、遠隔会議のサービスへの活用が始まった。しかしこの NC のサービスが立ち上がろうしている当時の重要な局面において、下記の問題があった。

- ◆動画メディアに偏重したメディア提供となっており、遠隔会議で本来必要なメディアである、資料提示や手書きの対応は十分ではなかった。
- ◆資料提示と手書きのメディアを動画・音声のメディアに加えるため、それぞれの機器とソフトウェアを集めて接続しただけで、複雑なシステムを提供する例もあったが、実際に利用するには煩雑さがあり、難しい状況にあった。
- ◆複数人数の場合の対応について、1990 年当時に市場に出現してきたタッチパネル付き電子黒板を利用することが考えられたが、大型タッチパネルが当時の技術では適切なものが存在せず、現実にはコストや機能性能で問題を抱えていた。

そこで、対応策として実施した事項を下記にまとめる。

- ◆表示・手書き機能について、タッチパネル付き高精細 LCD 表示装置とスキャナを統合化したユニットを開発し、動画音声メディア提供装置本体と融合したシステムを開発した。
- ◆複数人数の遠隔会議において活用される、タッチパネル付き電子黒板に必要な大型タッチパネルについて、透明性確保、低コスト化、タッチペンのフリー化、タッチ感、軽量化、精細度、耐久性に関して改善した、新型タッチパネル技術「光うす膜遮断技術」を開発し、商品化した。

これらの成果により、第一の構成要素である NC のサービスにおいて、遠隔会議での適切なメディアの提供に関する問題に、有効な解決策を与えることができた。

それにより、NC のサービスの黎明期である 1990 年代の重要な局面において、NC の普及実現に貢献することができた。

(2) NC のサービス間連携における SLA の実現と普及

2000 年前後になると、NC ではアプリケーションソフトウェアやその他のコンピュータ機能の遠隔サービスが始まっていたが、当初は単独のサービスであったものが、ようやく、複数のサービスを複合的に利用するサービス間連携が提供され始めて、高い利便性をもたらす状況が生まれていた。しかし、サービスごとの信頼性やサポートレベルについての共通の SLA 基準がなく、共通のメタ情報として提示する必要があるという問題があった。

当時は北米でも SLA の定義や基準についての提案はあったが、デファクトスタンダードの獲得競争の中で、共通の基準が制定されてはいなかった。また、国内においては SLA の認識もない状況にあった。

そこで、自治体のガイドや制度作りの当局と NC の利用者が同一の組織にある分野として電子自治体を選択し、日本の標準化推進の慣習を活用して、下記の 6 つのステップによって対応策を実施した。

- ◆Step1：業界団体の設立
- ◆Step2：共通 SLA 対象分野の選定（電子自治体分野に特定）
- ◆Step3：電子自治体当局への説明
- ◆Step4：検討委員会の設置と原案作成
- ◆Step5：ガイドの配布と教育
- ◆Step6：民間企業向けの共通 SLA 制定への水平展開

この過程で筆者が電子自治体当局への提案、原案作成を実施し、2002 年に担当当局からのガイドとして発行した。また、そのための手引書を執筆して出版した。

さらに、筆者が全国の都道府県ごとに、市町村担当者に対して説明教育を実施した。その後、民間企業向けの共通 SLA は、2003 年に SLA 基準が設定され、公表された。

これらのガイドラインは、現在でも数回に渡って改訂が続いており、電子自治体および民間企業 IT 推進当局のホームページに表示されている。

これにより NC の第二の構成要素である、サービス間連携における共通 SLA がなかったという当時の問題に、有効な解決策を与えることができた。

それにより、サービス間連携が利用しやすくなり、当時の NC の普及実現に寄与でき

た。

(3) NC のインフラにおける DC の消費電力の効率化

2005 年前後、NC の活用は拡大を始めており、NC のインフラは、サーバやそれら冷却に必要な空調設備などを装備する DC に集積が始まった。それに伴い DC は、その数も規模も大きくなっていったが、従来のコンピュータ関連分野は消費電力について大きな関心が注がれない傾向があった。また DC のコスト構成における電力コストの比重は大きく、かつその中において特に冷房電力が大きな占有率を占めていた。

そこで、DC の冷房電力が NC の普及実現に強い影響があることに着目し、その冷房電力の効率化を問題として捉えることとした。

それまで、機械空調が主流であった状況下で、一部には水冷による直接のハード冷却や冷媒による間接的な冷房も提案はされていたが、コスト効率が悪く普及していなかった。またそれまでの DC は、国内においてほとんどが首都圏以西の温暖地域に設置されていた状況があり、冷房するには不利な状況にあった。

そのような状況において、NC のインフラの中心である DC の消費電力低減のために、下記のような対応策を考案し、実験によって検証した。

- ◆寒冷地に DC を設置し、冷涼な外気と雪氷によって 1 年を通じて機械冷房を使用しない冷房の運用を提案した。
- ◆寒冷な外気を利用する際に必要となる加湿について、低コストでシンプルな構造である「滴下型自然加湿方式」と、加湿幅を縮小するための「リターンエアと混合」する方式を考案した。
- ◆これらを実験装置として構築し、稼働させて検証し、良好な結果を得た。

これにより、第三の NC の構成要素である NC のインフラについて、2005 年前後に課題として着目した DC の消費電力低減について、有効な対策を講じることができた。これによりこの時代における、NC の普及実現に貢献できた。

その後、本提案に関する筆者の論文が参照され、下記のような具体的 DC 構築事案に結びついた。

- ◆北海道石狩において、2011 年に外気冷房と滴下型自然加湿を実用した DC が構築された（図 5-17、図 5-18 参照）。
- ◆青森県むつ小川原において、外気と雪氷冷房を活用した DC 構築が決定し、

2014 年 5 月に新会社が起業し、2015 年に着工予定、2015 年完成予定となっており、筆者に概略仕様の作成が依頼された。

◆新潟県において、県庁の施策として 2014 年 5 月に DC の誘致アセスメント調査が決定し発表され、筆者にアセスメント調査が依頼された。

(4) 本論文における実施結果のまとめ

本研究において実施した結果を表 6-1 にまとめる。

表 6-1:本論文の課題と対応結果

	テーマ	課題	対応結果
1	NGのサービス	<p>◆1990年前後 :サービスの黎明期</p> <p>・遠隔会議のメディア提供において動画と音声に偏重し、本来必要なメディア提供がなされていない。</p> <p>・複数人数の遠隔会議における手書きメディアの技術に問題がある。</p>	<p>◆動画/音声メディアと資料提示/手書きメディアを一体化した遠隔会議システムを開発、商品化した。</p> <p>◆複合メディアの多重化アルゴリズムをDSPにワンチップ化してスタートアップと操作の単純化を実現した。</p> <p>◆複数人数の遠隔会議における手書きメディアを可能とする、大型タッチパネルを大幅に改善する新型タッチパネル技術を考案、開発、特許化、商品化した。</p>
2	NGのサービス間連携	<p>◆2000年前後 :サービス間連携の導入期</p> <p>サービス間連携の際に必要となる、信頼性やサポート等の共通のメタ情報となるSLAがない。</p>	<p>◆日本の慣習に合った進め方として、官公庁からのガイドラインとするべく、政府当局に提案を実施した。</p> <p>◆標準化当局と利用者が同一の組織にある電子自治体分野を選択し、ガイドラインを作成/提示してオーソライズし、全国自治体への説明教育を実施した。</p> <p>◆民間企業向けIT推進の担当当局に、電子自治体の共通SLAを解説し、参照を促すことによって、民間企業分野においても共通のSLA基準が設定された。</p>
3	NGのインフラ	<p>◆2005年前後 :DC集積の拡大期</p> <p>DCの消費電力の大幅な効率化方策がない。</p>	<p>◆DCを寒冷地に設置して、その冷涼な外気と雪氷による冷房方式を考案し、1年を通じて機械冷房を使わずにサーバを冷却することによって、大幅な消費電力低減を実現した。</p> <p>◆そのためのDCの湿度制御について「滴下型自然加湿方式」と、加湿幅を縮小するための「外気と戻り空気を混合する方式」を考案した。</p>

6.2 今後の計画

NC による遠隔会議サービス、サービス間連携の SLA、インフラの DC 消費電力低減は、現在においても大きなテーマであり、さらに発展・改善の余地があると考えられる。今後とも、それらについての、新たな改善策についてのアプローチを継続して実施していきたい。

また、NC のサービスは、さらに拡張し、これまで人と人のコミュニケーションや、アプリ他の機能の遠隔サービスについて述べてきたが、今後はこれら以外に、物にセンサーを貼付してそれらの情報を NC によって利用したり制御することによって NC を活用する²²サービスも展開が始まっており、IOT と呼ばれている。これらは従来にはなかった NC の活用で、例えば貴重品にはセンサーを販売時点から添付しおき、紛失時になんらかの探索を可能にするサービスのビジネス化などがあげられる。基本的なサービス内容はすでに提案もあるが、実際にはまだ普及していない。今後は、それを阻害している要因を分析し、解決策を与えることにアプローチすることも考えられる。

²² 物に貼付したセンサー情報によるサービス：IOT Internet Of Things

謝辞

本研究を具現化するために、(株)リーコー田中明氏、大村克之氏には多大なる協力を頂いた。また、2008年6月18日に著者が発起人となり「北海道グリーンエネルギーデータセンター研究会」を発足し、ご意見を頂いた。この研究会を構成する、北海道総合通信局・北海道庁・青森県・石狩市をはじめ富士通・日本ユニシス・日本電気・NTTコミュニケーションズ・日立製作所・山武・電子情報学園等、多くの研究会メンバーに感謝の意を表したい。

また、本研究においては、東京理科大学森俊介教授、北海道大学濱田靖弘准教授に多くの具体的なお示唆・ご指導をいただき、また実験データについては富士通増田敦志氏・小林丈久氏に多大なるご協力を頂いたことについて、厚く御礼申し上げたい。

本研究の全過程において、懇切なるご指導ご鞭撻を賜りました電気通信大学情報システム学研究科 田野俊一教授、大須賀昭彦教授、橋山智訓准教授、岸本雅代氏、またすでに異動された香川大学市野順子准教授に深謝申し上げます。

関連研究の公表の方法及び時期

- (1) 津田 邦和, 大村 克之 : 座標入力/検出装置、電子黒板システム及び記憶媒体, 日本国内特許, 特開 2001-306256(2000 年 4 月 27 日). (第 3 章の内容)

- (2) Susumu Fujioka, Kunikazu Tsuda, Katsuyuki Omura : Coordinate input detection device and method for electronic blackboard, 米 国 特 許 , US20020033805 A1, (2002 年 3 月 21 日). (第 3 章の内容)

- (3) Katsuyuki Omura, Kunikazu Tsuda, Mitsuru Sato : Coordinate inputting and detecting apparatus, method and computer program product designed to precicely recognize a designating state of a designating device designating a position, 欧州特許, EP1083477 B1(2010 年 11 月 3 日). (第 3 章の内容)

- (4) 津田, 木谷, 御宿, 他 : 電子自治体アウトソーシング実践の手引き, 日経 BP 社 (2005). (第 4 章の内容)

- (5) 須藤, 津田, 他 : 公共 IT のアウトソーシングに関するガイドライン, 総務省, pp.48-51(2003). (第 4 章の内容)

- (6) Kunikazu Tsuda, Shun'ichi Tano, Junko Ichino : Lower Data Center Power Consumption through Use of the Climate Characteristics of Cold Regions and Inter-regional Energy Integration, IEEE International Conference on Progress in Informatics and Computing, Vol.2, pp.1298-1304(2010). (第 5 章の内容)

- (7) 津田邦和, 田野俊一, 市野順子 : データセンター空調への外気と雪氷の活用と湿度制御に関する研究, 電気学会論文誌 C, 電子・情報・システム部門誌, Vol.132, No.6, pp.1050-1059(2012). (第 5 章の内容)

参考文献

- [1] Schumpeter J. A. : 経済発展の理論, 岩波書店(1977).
- [2] 難波 慎二, 小山 達也, 古賀 清和, 大塚 剛, 樋口 章彦, 三浦 豊, 黄 明彦 : 16bit 1 チップ・マイクロコントローラ用 CPU, 電子情報通信学会技術研究報告, 集積回路, pp.61-66(1993).
- [3] ハワードラインゴールド : 思考のための道具, パーソナルメディア社(1987).
- [4] 津田邦和, 他 : ASP 白書 2005 : NPO 法人 ASPIC 編纂, IDG 社(2005).
- [5] W. Maurer, R. Matlus, N. Frey : A Guide to Successful SLA Development and Management, Gartner Group Research Strategic Analysis Report(2000).
- [6] E. Wustenhoff : Service Level Agreement in the Data Center, Sun BluePrints™ OnLine, pp.1-3(2002).
- [7] Watabe. K, Sakata. S, Maeno. K, Fukuoka. H, Maebara. K : Adistributed multiparty desktop conferencing system and its architecture, Computers and Communications, Conference Proceedings., Ninth Annual International Phoenix Conference, pp.386-393(1990).
- [8] Mark Weiser : ACM Mobile Computing and Communications Review - Special issue dedicated to Mark Weiser, Vol.3, Issue 3, pp.3-11(1999).
- [9] 林 美奈子, 里田 浩三, 高田 巡 : 臨場感遠隔会議システム”サイバーサークル”における参加者パーソナル環境, 情報処理学会研究報告, 情報メディア, 99(69), pp.49-54(1999).
- [10] Mark Stefik, Gregg Foster, Daiel G. Bobrow, Kenneth Kahn, Stan Lanning, Lucy Suchman : Beyond the ChalkBoard, Computer support for collaboration and problem solving in meeting, Vol.30, pp.32-47(1987).

- [11] 金川誠, 鈴木雄: 平行電極型抵抗膜式ディジタイザにおける線形特性, 電子情報通信学会論文誌 C, Vol.J86-C, No.7, pp.707-717(2003).
- [12] 鵜飼育弘: フラットパネルディスプレイ概論(6) FPD を支える部品・材料技術(1) タッチパネル, The Chemical Times 2011, No.4, 通巻 222 号, pp.2-7(2011).
- [13] 弓削勝忠, 慶奎元: 静電容量方式タッチパネルにおける膜抵抗と寄生容量の影響, 電子情報通信学会技術研究報告EID, 電子ディスプレイ111(154), pp.1-4(2011) .
- [14] 細畠伸彦: 超音波表面弾性波方式タッチパネル, 計測技術33(1), pp.26-29(2005).
- [15] 津田, 田中: 製品技術解説マルチメディアボード MEDIASITE, Ricoh technical report(25), pp.157-163(1999).
- [16] 地球温暖化問題への対応に向けた ICT 政策に関する研究会報告書, 総務省 (2007).
- [17] Emad Samadiani, Yogendra Joshi : The Thermal Design of a Next Generation Data Center a Conceptual Exposition, Georgia Institute of Technology, Journal of Electronic Packaging, Vol.130, No.4, pp.1-8(2008).
- [18] Jun Dai, Diganta Das, Michael Pecht : Prognostics-based Health Management for Free Air Cooling of Data Centers, Prognostics & System Health Management Conference IEEE, pp.2(2010).
- [19] Pat Gillan : Fresh Air - Natural Asset Refreshed, Telecommunications Energy Conference INTELEC IEEE 30th International, pp.1-8(2008).
- [20] 津田 邦和, 大村 克之: 座標入力/検出装置 電子黒板システム及び記憶媒体, 日本国内特許, 特開 2001-306256(2000).
- [21] Susumu Fujioka, Kunikazu Tsuda, Katsuyuki Omura : Coordinate input detection device and method for electronic blackboard, 米国特許, US20020033805 A1, (2002).
- [22] Katsuyuki Omura, Kunikazu Tsuda, Mitsuru Sato : Coordinate inputting and

detecting apparatus, method and computer program product designed to precisely recognize a designating state of a designating device designating a position, 欧州特許, EP1083477 B1(2010).

- [23] 津田邦和:ブロードバンド時代の SaaS 新市場, リックテレコム社(2008).
- [24] 須藤, 津田, 他:公共 IT のアウトソーシングに関するガイドライン, 総務省, pp.48-51(2003).
- [25] 津田, 木谷, 御宿, 他:電子自治体アウトソーシング実践の手引き, 日経 BP 社 (2005).
- [26] 地方公共団体におけるASP・SaaS導入活用ガイドライン:総務省, (2010).
- [27] 民間向け IT システムのガイドライン 2005, JEITA ソリューションサービス事業委員会, 日経 BP(2005).
- [28] 民間向け IT システムのガイドライン 2006, JEITA ソリューションサービス事業委員会, 日経 BP(2006).
- [29] 民間向け IT システムのガイドライン 2012, JEITA ソリューションサービス事業委員会, 日経 BP(2012).
- [30] 民間向け IT システム SLA ガイドライン追補版 SaaS 対応編, 社団法人電子情報技術産業協会(2008).
- [31] グローバル時代における ICT 政策に関するタスクフォース地球的課題検討部会報告書, 総務省(2010).
- [32] データセンター市場の消費電力とグリーン IT 化の実態調査, ミック経済研究所 (2009).
- [33] 再生可能エネルギー導入可能性調査(地下熱利用), 長野県平成 21 年度緑の分権改革推進事業報告書, pp.14-30(2011).

- [34] I.Yamaguchi, A.Yamanaka : Reduction of electric power consumed by cooling in data center using ambient air, Environmental research quarterly(155), pp. 4-9(2009).
- [35] K.Mizude, T.Yamanaka, H.Kotani, H.Ishino, K.Otaka, K.Oohara : Design Method and Performance Verification of Fresh air Cooling by Using Twin Voids in Large Scale Buiding, Journal of environmental engineering, 73(628), pp.775-782(2008).
- [36] F.Miyaoka, Y.Kodama, K.Takemasa : Influence of Ventilation Mode on Passive Cooling Effect, Summaries of technical papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, D-2, Environmental engineering II, pp.535-536(2007).
- [37] S.Akabayashi, J.Sakaguchi, H.Matsuyama : Study on the All Fresh Air-Conditioning System for a Office, Summaries of technical papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, D-2, Environmental engineering II, pp.1079-1080(2001).
- [38] Saurabh K. Shrivastava, James W. Vngilder, and Bahagat G. Sammakia : Prediction of cold aisle end airflow boundary conditions, Thermal and Thermo Mechanical Phenomena in Electronics Systems, The Tenth Intersociety Conference, pp.9-18(2006).
- [39] Saurabh K. Shrivastava, Madhusugan Iyengar, Bahagat G. Sammakia, Roger Schmidt, and James W. Vngilder : Experimental-Numerical Comparison for a High-Density Data Center Hot Spot Heat Fluxes in Excess of 500 W/FT², Thermal and Thermo Mechanical Phenomena in Electronics Systems, The Tenth Intersociety Conference, pp.402- 411(2006).
- [40] Jun Dai, Diganta Das, and Michael Pecht : Prognostics-based health management for free air cooling of data centers, Prognostics and Health Management Conference, PHM '10, pp.1-6(2010).
- [41] Rubenstein Brandon, Zeighami Roy, Lankston Robert, Peterson Eric : Hybrid cooled data center using above ambient liquid cooling, Thermal and

Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems (ITherm), 12th IEEE Intersociety Conference, pp.1-10(2010).

- [42] Emad Samadiani, Yogendra Joshi, and Farrokh Mistree : The Thermal Design of a Next Generation Data Center, Thermal Issues in Emerging Technologies Theory and Application THETA 2007, pp.93-102(2007).
- [43] Pat Gillan : Fresh Air - Natural Asset Refreshed, Telecommunications Energy Conference INTELEC2008, pp.1-8(2008).
- [44] M.Kobiyama : Storage and Use Technology of Snow as Cold Energy, The Journal of the Institute of Electrical Installation Engineers of Japan, 28(11), pp.830-834(2008).
- [45] 牛場五朗 : 洞爺湖サミット国際メディアセンターの雪冷房システム, 建築設備技術者協会, 建築設備士 41 (3) , pp.22-26(2009).
- [46] Y.Ito, Y.Kobiyama, K.Kishinami : Development of the "Soaking Snow into Water Type Snow Air-conditioning System and its Performance, Journal of snow engineering 24(2), pp.111-121(2008).
- [47] 津田邦和, 田野俊一, 市野順子, 森俊介 : データセンターの電力需要と地域エネルギー統合, 電気学会論文集, 3-S16(5) (2009).
- [48] Kunikazu Tsuda, Shun'ichi Tano, Junko Ichino : Lower Data Center Power Consumption through Use of the Climate Characteristics of Cold Regions and Inter-regional Energy Integration, IEEE International Conference on Progress in Informatics and Computing, Vol.2, pp.1298-1304(2010).
- [49] 津田邦和, 田野俊一, 市野順子 : データセンター空調への外気と雪氷の活用と湿度制御に関する研究, 電気学会論文誌 C, 電子・情報・システム部門誌, Vol.132, No.6, pp.1050-1059(2012).
- [50] 北海道データセンター立地アセスメント委員会報告書, 北海道庁(2009).